الجينات والـ DNA

الحمض النووي الريبي المنقوص

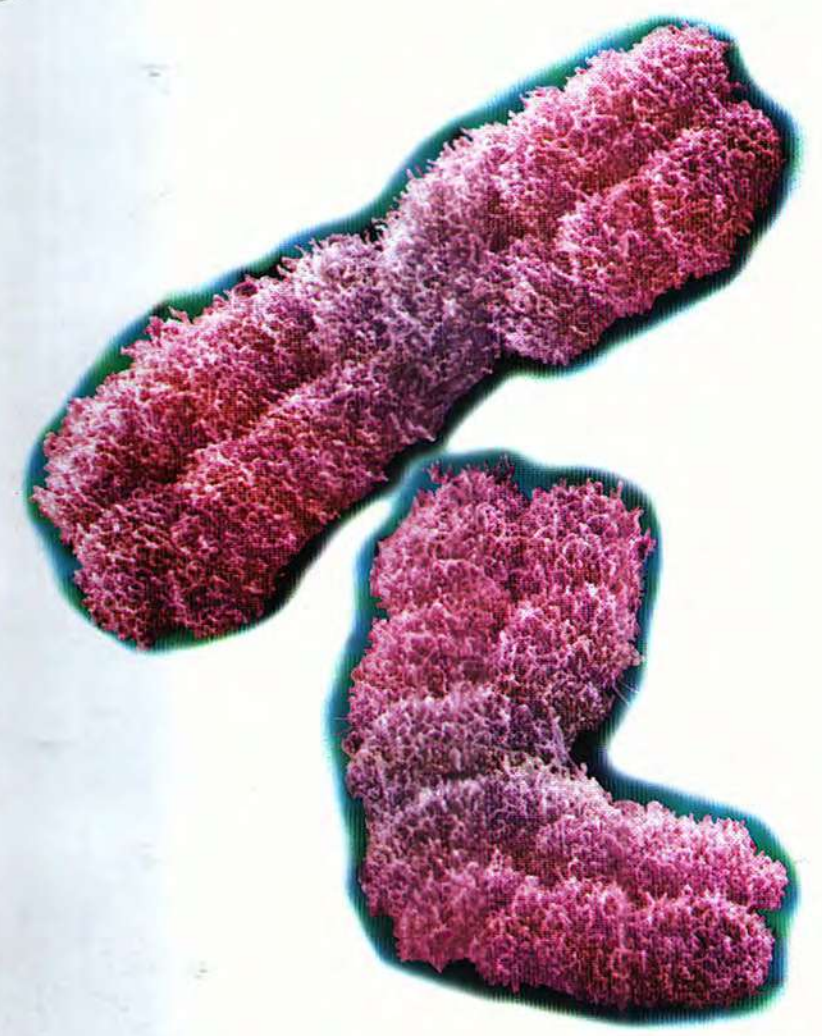
تأليف: ريتشارد ووكر



KINGFISHER

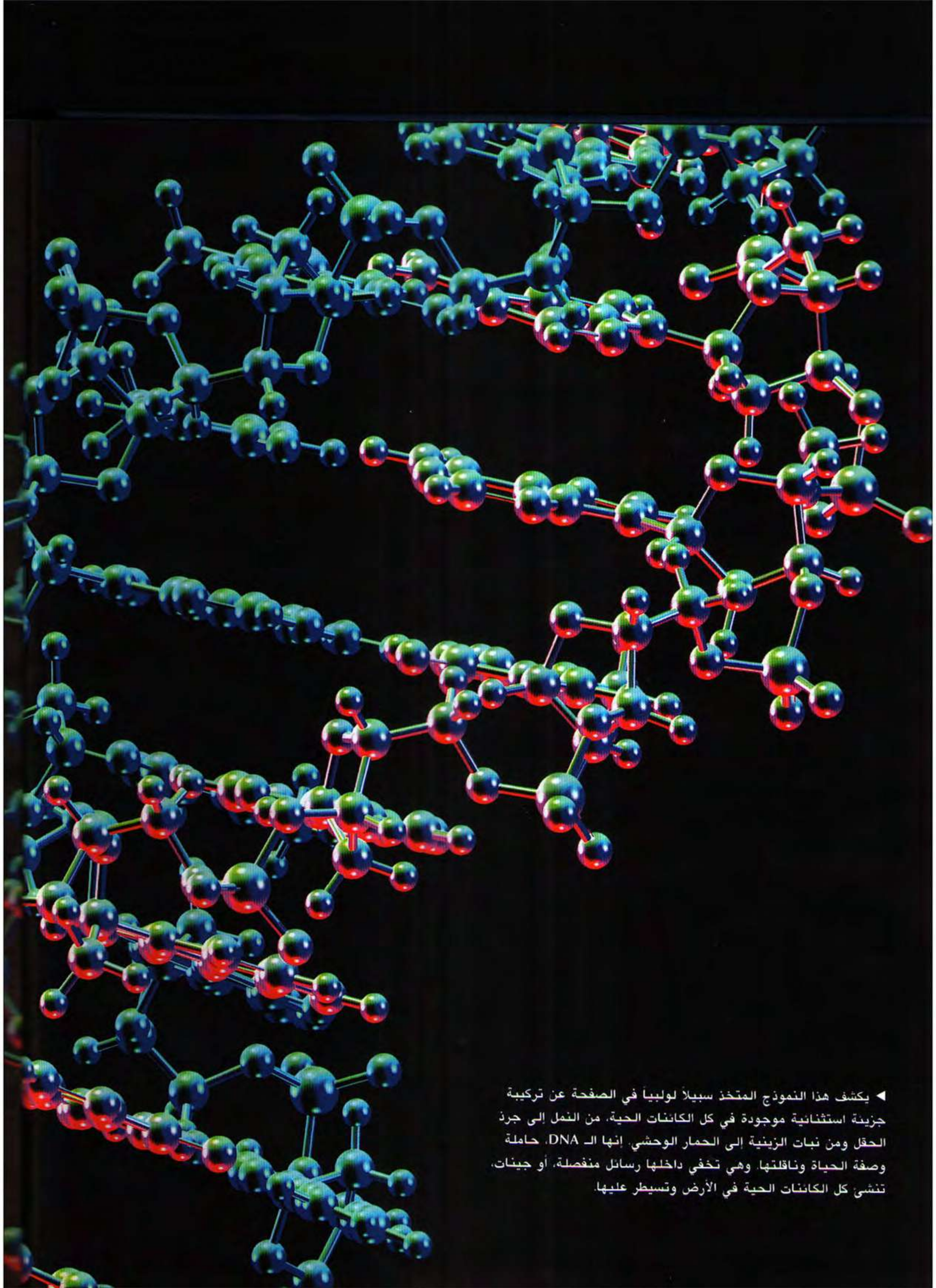
الدار العربية للعلوم
Arab Scientific Publishers

الجينات والـ DNA





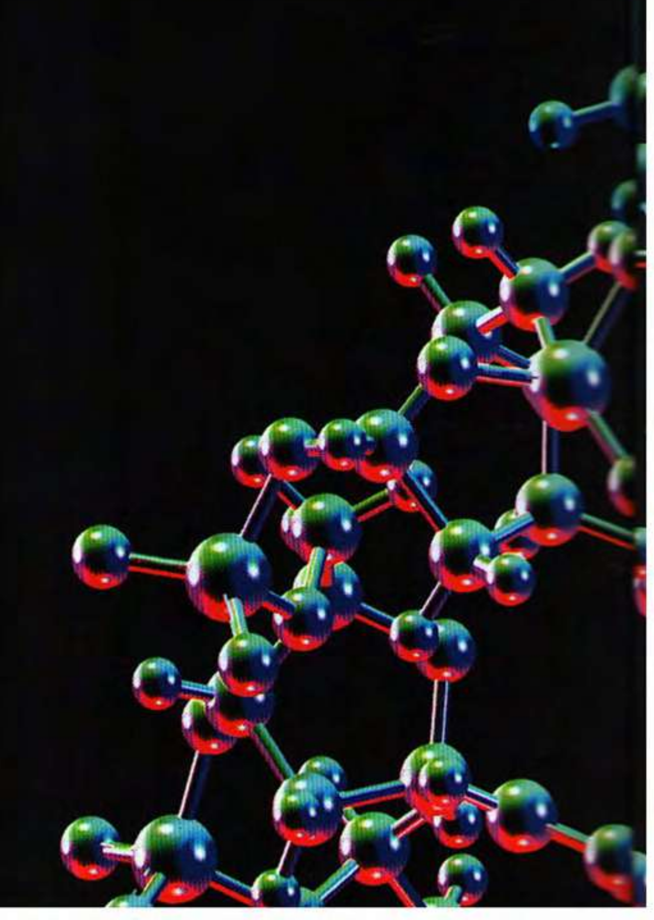




◄ يكشف هذا النموذج المتخذ سبيلاً لولبياً في الصفحة عن تركيبة جزيئة استثنائية موجودة في كل الكائنات الحية، من النمل إلى جرذ الحقل ومن نبات الزينية إلى الحمار الوحشي. إنها الـ DNA، حاملة وصفة الحياة وناقلتها. وهي تخفي داخلها رسائل منفصلة، أو جينات، تنشئ كل الكائنات الحية في الأرض وتسيطر عليها.

الجينات والـ DNA

ريتشارد ووكر





بسم الله الرحمن الرحيم

يضم هذا الكتاب ترجمة الأصل الانكليزي
GENES & DNA
حقوق الترجمة العربية مرخص بها قانونياً من الناشر
Kingfisher Publications Plc,
بمقتضى الاتفاق الخطي الموقع بينه وبين الدار العربية للعلوم

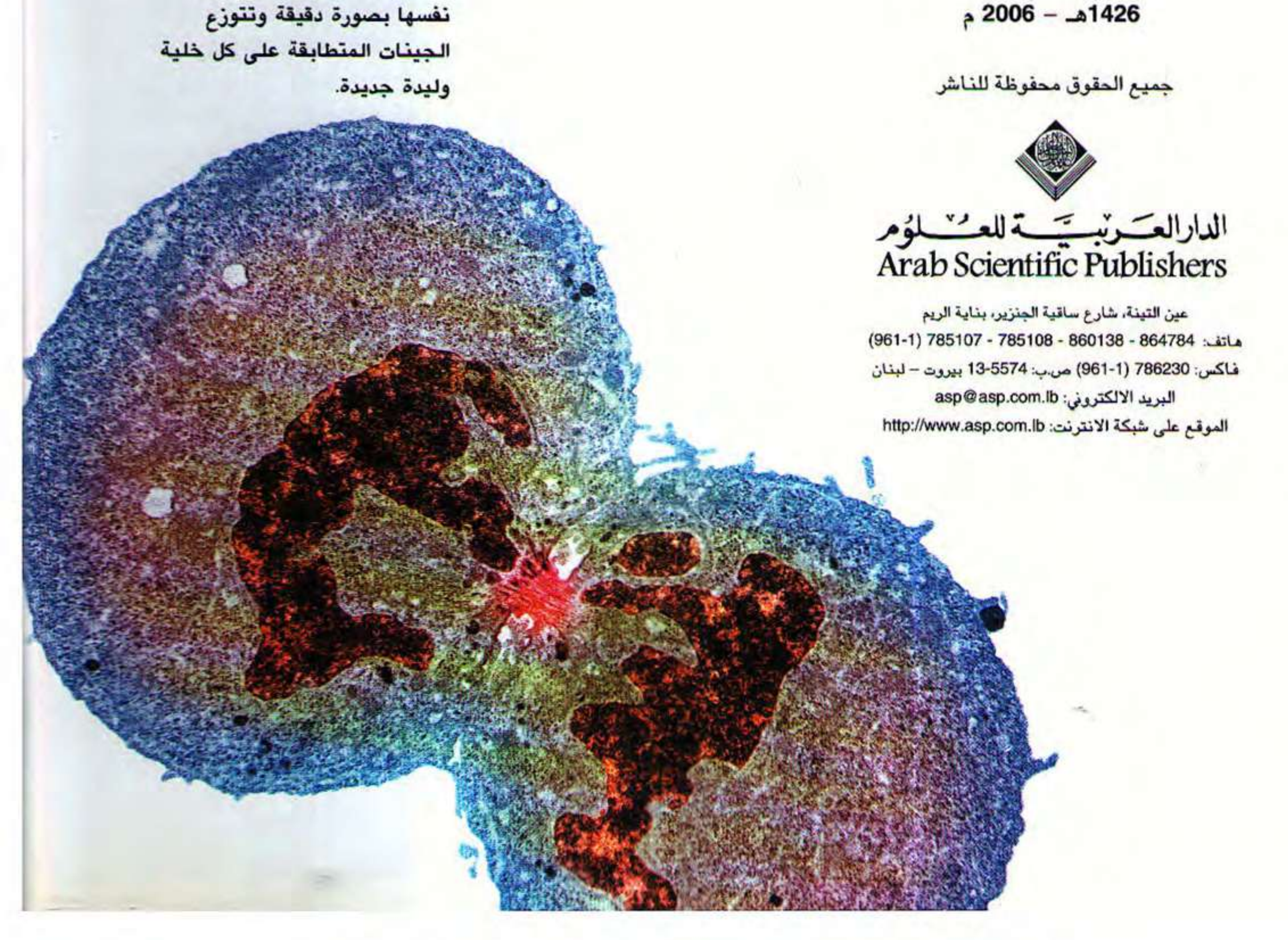
ISBN 9953-29-410-0

الطبعة الأولى
1426هـ - 2006 م

الدار العربية للعلوم
Arab Scientific Publishers

عين التينة، شارع ساقية الجنزير، بناية الريم
هاتف: 864784 - 860138 - 785108 - 785107 (1-961)
فاكس: 786230 (1-961) ص.ب: 5574-13 بيروت - لبنان
البريد الالكتروني: asp@asp.com.lb
الموقع على شبكة الانترنت: http://www.asp.com.lb

▼ هذه الصورة المجهرية الإلكترونية تظهر عملية انقسام فتيلي (انقسام الخلية غير المباشر) في كلية بشرية. والانقسام الفتيلي هو نوع من انقسام الخلية يتيح لخلايا الجسم توليد نسخ مطابقة عنها. خلال الانقسام الفتيلي، تنسخ المعلومات الوراثية في الخلية نفسها بصورة دقيقة وتتوزع الجينات المتطابقة على كل خلية وليدة جديدة.



المحتويات

مقدمة

تبدو بعض الأسئلة الأكثر أهمية في العلم تافهة، أو بديهية، لكنها في الحقيقة ليست كذلك. لماذا تلد الكلاب جراء وليس هرراً صغيرة؟ لماذا ولدت طفلاً صغير الحجم ولم تولد كهلاً كبيراً؟ ولماذا تبدو مثل والدتك ووالدك، ولكن ليس تماماً؟ إنها أسئلة غريبة وإنما تملك أجوبة جدية. ولكل واحد من هذه الأسئلة علاقة بعلم الوراثة، وهناك الكثير من الأمور التي ما زلنا لا نفهمها في كل سؤال. لكن هناك الكثير من المعلومات التي نعرفها فعلاً ويقدم كتاب الجينات والدي أن آي DNA قصة ما أعتبره الجزء الأكثر إثارة في العلم المعاصر.

علم الوراثة جديد على نحو مذهل. حين نسأل عن الكيمياء – لماذا يصدأ الحديد فيما الذهب لا يصدأ – أو علم الفلك – هل الأرض تدور حول الشمس أم العكس؟ علينا العودة مئات لا بل آلاف السنين لاقتفاء أثر الاكتشافات العظيمة. إلا أن علم الوراثة ليس كذلك. فقبل 150 عاماً فقط، كانت المعلومات التي يملكها أي شخص عن علم الوراثة، مهما كان ذكياً، خاطئة. وهذا غريب لأن الناس لطالما اهتموا بهذا الموضوع. فقد كان الأرستقراطيون معجبين بأصل النَسَب، فيما المزارعون يستولدون أفضل الحيوانات منذ آلاف السنين والناس يقولون – أظن – 'ألا يشبه والده؟ منذ زمن بعيد جداً.

في الماضي، كان الجميع يظنون أن الأولاد يشبهون أهلهم لأنهم يعيشون بالطريقة نفسها. ففي النهاية، يصبح أولاد الأطباء أطباء أيضاً، فلماذا لا يبرر ذلك سبب إنجاب الأهل ذوي الشعر الأحمر أولاداً بشعر أحمر؟ لكن هذا لا يجدي. فالمرأة صاحبة الشعر الأحمر المتزوجة من رجل له شعر داكن قد تنجب أولاداً لهم شعر داكن أو أحمر، ويمكن أحياناً لشخصين لهما شعر داكن أن ينجبا ولداً له شعر أحمر. كان كل ذلك مربكاً حقاً.

في العام 1861، اكتشف راهب نمساوي اسمه مندل حقيقة الأمر: نحن لا نرث خضاب الشعر (المادة الملونة له)، وإنما مجموعات من التعليمات – جينات – من والدينا معاً، في رمز يقرأه الجسم أثناء نموه. وطوال عقود، لم يعرف أحد مما كان يتألف الرمز. ثم جاء الدي أن آي. فقبل 50 عاماً تقريباً، في يناير 1953، لم يكن يعرف تماماً شكل جزيئة الحياة. وفي شهر فبراير، اكتشف فرانسيس كريك وجايمس واتسون تركيبة الدي أن آي DNA، ونشأت الحلزونة المزدوجة.

بالفعل DNA هي شيء مذهل. فحين بدأت بالتكون، التقى متر من DNA والدك بمتر من DNA أمك لإنشائك بطريقة فريدة. والآن، وفي غضون بضعة أعوام فقط، أصبح طول هذا الدي أن آي يساوي أضعاف المسافة الفاصلة بين الأرض والقمر. لقد قرأنا المجموعة الكاملة للتعليمات التي تجعلك ما أنت عليه. ستجد في هذا الكتاب كيف فعل العلماء ذلك، كيف يتم نسخ الـ DNA، وكيف تنشئ هذه الجزيئة أجسامنا، وكيف تخبرنا الجينات من أين أتينا وكيف يمكن للهندسة الوراثية أن تغير ربما إلى أين نذهب.

بالنسبة إلى عالم أحياء، تتمثل روعة علم الوراثة في أنه مفتاح الأجوبة للعديد من الأسئلة المختلفة ظاهرياً. إنني مهتم (على عكس معظم الأشخاص) في علم وراثة الحلزون (لا، إنني لا أتناوله)، لكنني استخدمت أفكاراً تأتي من الحلزون لدراسة ذباب الفاكهة وحتى البشر. يعمل بعض زملائي على النباتات، أو الديدان، أو الماموث المجمد من سيبيريا – وهم يتبعون القواعد نفسها. أقلب الصفحة لمعرفة ما هي هذه القواعد – وتخيل أين سيصبح علم الوراثة خلال الخمسين عاماً القادمة!

البروفسور ستيف جونز، عالم وراثة، كلية لندن الجامعية.

الفصل الأول

الجينات والوراثة

تخبر هذه الصورة الفوتوغرافية قصة نعرفها بطريقة غريزية. ثلاثة أجيال في عائلة – الجدان، والأبوان، والأولاد، بما في ذلك طفل على الطريق – يقفون على الشاطئ. نعرف أنهم عائلة واحدة لأن كل جيل ورث بعض الخصائص من الجيل السابق. نعرف أنهم جميعاً بشر، لكننا نستطيع تمييزهم عن بعضهم لأن كل واحد منهم يبدو مختلفاً قليلاً.

على مدى آلاف السنين، كانت مسألة كيفية وراثتنا للقسمات، ولماذا نبدو متشابهين ولكن ليس متطابقين، وحتى كيفية حدوث التوالد، أمراً غامضاً. ستكتشف أن العلم وفّر اليوم الإجابة. فما نرثه من أهلنا وننقله إلى أولادنا هو مجموعة تعليمات للحياة نفسها – أي جيناتنا.



اختلافات في موضوع

تخيل أنك تقف في شارع مزدحم تراقب الناس وهم يتحركون. إنهم يبدون جميعاً مختلفين، لكن كل هؤلاء الأشخاص هم بلا شك بشر. لماذا؟ لأنهم يتشاركون مجموعة متطابقة تقريباً من التعليمات - مع اختلافات صغيرة جداً بين الأفراد - تنشئهم وتحركهم، وينقلونها بدورهم إلى أولادهم. ويصح الشيء نفسه على كل كائن حيّ آخر في الأرض.

الكتل المنشئة

تتألف الكائنات الحية من خلايا بالغة الصغر، لا يمكن مشاهدتها إلا تحت مجهر. وليس البشر استثناء على ذلك. بالفعل، يتألف كل واحد منا من نحو 100 تريليون (أي 100,000,000,000,000) من هذه الكتل الحية. تحتوي هذه الكتل على نسخة من «خطة أساسية». تنشئ هذه المجموعة من التعليمات الخلايا وتنظمها لتكوين الأجزاء التي تؤلف الجسم. يطلق على هذه التعليمات اسم الجينات، التي تتألف بدورها من مادة مميزة اسمها DNA الحمض النووي الريبي المنقوص. يكتشف العلماء أكثر فأكثر كيفية عمل الجينات والحمض النووي الريبي المنقوص DNA لتكوين أجسامنا.

اختلافات في الموضوع

هل «الخطة الأساسية» التي تنشئ الجسم البشري هي متطابقة لدينا جميعاً؟ تقريباً، ولكن ليس تماماً. أولاً، هناك جنسان من البشر، الإناث والذكور، يختلفان في الجهاز التناسلي - أي الأعضاء التي تصنع الأطفال (أنظر الصفحتين 18 و19). ثانياً، وباستثناء التوأمين المتشابهين، نختلف جميعاً من حيث الطول، والوزن، ولون البشرة، والصوت، ومجموعة من الخصائص الأخرى. إن كل واحد منا هو شكل مختلف للموضوع البشري الثابت.

◄ نحن كبشر، نبدو جميعاً متشابهين. ولكن بما أن كل شخص يملك مجموعة فريدة من الخصائص، نستطيع تمييز أنفسنا كأصدقاء، وأفراد عائلة، وأشخاص مشهورين، وغرباء. هناك بعض الاختلافات بين الأشخاص تظهر اختلافات كبيرة، مثل لون البشرة، الذي مثلما تلاحظ يتراوح بين الداكن جداً والشاحب جداً، مروراً بالبني، والأحمر، والأبيض تقريباً. وثمة اختلافات أخرى أكثر بروزاً.



◄ ثمة اختلافات بين الأشخاص واضحة المعالم. فعلى سبيل المثال، يستطيع بعض الأشخاص عقف لسانهم فيما يعجز البعض الآخر عن ذلك. ما من حل وسط.

نقل التعليمات

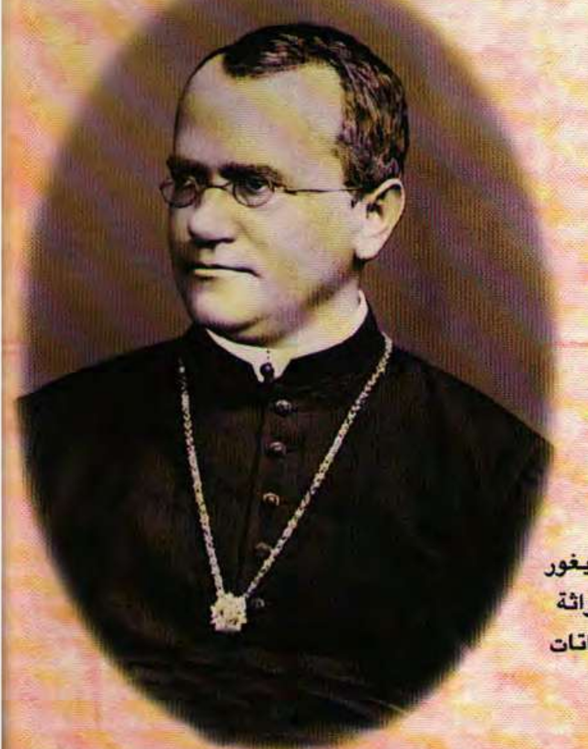
لا يعيش أي منا إلى الأبد. ولحسن الحظ، ينجب البشر أطفالاً ما يضمن وجود جيل جديد يحلّ محل الجيل الذي يشيخ ويموت. حين يتوالد رجل وامرأة، يتم نقل جزء من «الخطة الأساسية» الموجودة عند كل منهما لإنشاء كائن جديد وفريد، وإنما حتماً بشري، مع مجموعة جديدة من التعليمات. إنه يملك خصائص من والديه، لكنه لا يشبه أبداً أياً منهما بصورة دقيقة. يطلق على هذا النقل للخصائص من جيل إلى آخر اسم الوراثة. ويمكن لنظرة سريعة على صورة فوتوغرافية للعائلة أن تظهر الأولاد الذين يشبهون كثيراً أحد والديهم، أو الذين يشبهون الاثنين معاً.

تعليمات اسمها الجينات

الكائنات البشرية هي نوع واحد من مليون نوع من الكائنات الحية الموجودة على الأرض. فالكوكب يكشف عن تنوع مذهل للحياة، مع العديد من الأنواع المختلفة المتكيفة للعيش في مجموعة كبيرة من المواطن. لكن كل هذه الأنواع تستخدم الآلية نفسها لإنشاء نفسها ونقل تلك المعلومات إلى الجيل التالي. وتماماً مثل البشر، يرث كل كائن من أهله، أياً كان نوعه، «الخطة الأساسية» اللازمة لتكوينه وجعله كائناً. ستكتشف في الصفحات التالية أن «الخطة الأساسية» لكل نوع تتألف من مجموعة تعليمات اسمها الجينات. والمذهل أن الجينات موجودة منذ 3,8 مليار سنة، أي منذ ظهرت الحياة لأول مرة على الأرض.

اكتشاف الجينات

أدرك الناس منذ أقدم العصور أن الأهل ينقلون الخصائص إلى ذريتهم. فأولاد البشر هم مثل أهلهم، والنعاج والهررة الصغيرة تبدو مثل أهلها فيما نباتات القمح تبدو مثل نباتاتها الأم. كما اعتقد الناس أن خصائص الأهل تختلط مع بعضها في الذرية، مثلما يمتزج الطلاء في اللوحة. لكن لم يعرف أحد كيف تعمل الوراثة فعلاً إلى أن جاء الجواب على لسان راهب اسمه غيرغور مندل.



◄ كانت تجارب غريغور مندل حول كيفية وراثة الخصائص في النباتات بداية علم الوراثة المعاصر.

توالد انتقائي

استولد المزارعون طوال قرون الحيوانات والنباتات ذات الخصائص المفيدة، مثل الخراف ذات الصوف السميك والجسم الكبير، أو زرعوا النباتات ذات البذور الأكثر. وقد فعلوا ذلك على أمل أن ترث الذرية هذه الخصائص. لكن حتى منتصف القرن التاسع عشر، كانت مسألة الوراثة غامضة. هل تختلط الخصائص ببعضها؟ لماذا تختفي بعض الخصائص في جيل لتظهر مجدداً في الجيل التالي؟

راهب وعالم

في العام 1843، دخل راهب نمساوي، اسمه غريغور مندل، دير برون في النمسا (أصبح الآن برون في الجمهورية التشيكية). وبالإضافة لكونه راهباً، درس مندل العلم وكان بستانياً بامتياز. بدءاً من العام 1856، بدأ يستعمل حديقة الدير كمختبر.

النظر إلى البازيلا

اختار مندل نبتة البازيلا لتجاربه. تظهر نبتة البازيلا بعض الخصائص الواضحة المعالم التي يسهل التعرف إليها. فعلى سبيل المثال، يمكن أن تكون طويلة أو قصيرة (ولكن ليس متوسطة الحجم أبداً)، ولها أزهار أرجوانية أو بيضاء. أراد مندل معرفة كيفية انتقال هذه الخصائص. لفهم تجارب مندل، من المفيد معرفة كيفية توالد نباتات البازيلا. تتواجد الأعضاء التناسلية الذكورية والأنثوية داخل زهرة البازيلا. تنتقل حبيبات غبار الطلع الذكرية البالغة الصغر إلى الأعضاء الأنثوية في عملية اسمها التلقيح. تتكون بذرة وتتحول إلى نبتة بازيلا جديدة.

تجارب تهجين

إحدى الخصائص التي درسها مندل كانت لون الزهرة. فقد أخذ نباتات لها أزهار أرجوانية ونباتات لها أزهار بيضاء و«هاجنها». استعمل بدقة فرشاة صغيرة لنقل اللقاح من زهرة أرجوانية إلى أخرى بيضاء، والعكس بالعكس. زرع البذور الناجمة وراقب لون الزهر في النباتات الناشئة. ثم سمح للنباتات الناشئة بالتلقيح وإنتاج البذور. زرع هذه البذور مجدداً وراقب النتائج.



► تظهر هذه اللوحة التي تعود إلى القرن الثامن عشر نعجة منتجة بالتوالد الانتقائي. فالمزارع الذي استولدها عرف أنه بمزاوجة خروف ونعجة لهما الخصائص "الصحيحة"، مثل الصوف السميك، سيحصل على ذرية لها الخصائص نفسها.

▶ قام مندل بتهجين نباتات لها أزهار بيضاء وأرجوانية. كانت أزهار كل الجيل الأول أرجوانية اللون. لكن الأزهار البيضاء لم تختفي. فحين أنتجت نباتات الجيل الأول أزهاراً، تبين أن ربع نباتات الجيل الثاني تقريباً لها أزهار بيضاء.

النباتات الأم الأصلية

الجيل الأول

الجيل الثاني

عوامل مندل

حين تمت مهاجنة النباتات ذات الأزهار البيضاء والأرجوانية، كشفت كل الذرية – المعروفة بالجيل الأول – عن أزهار أرجوانية. لكن الخصائص البيضاء لم تختفِ. فحين أنتجت النباتات الجديدة ذريتها – المعروفة بالجيل الثاني – كانت بعض الأزهار بيضاء اللون. قال مندل بذكاء إنه يوجد داخل كل نبتة بازيلا وحدات وراثة بالغة الصغر، أسماها «العوامل». لم يعرف ما كانت هذه العوامل أو أين توجد في النبتة، لكنه اكتشف أن كل نبتة أم أصلية تحمل أزواجاً من عوامل مماثلة تنتج أزهاراً أرجوانية أو بيضاء. في الجيل الأول، ورثت كل نبتة عاملاً أرجوانياً من نبتة أم وعاملاً أبيض من نبتة أم أخرى، لكن الزهرة جاءت أرجوانية. قال مندل إن العوامل الأرجوانية كانت مهيمنة على العوامل البيضاء. بمعنى آخر، كان مجرد عامل أرجواني واحد كافياً لجعل الأزهار أرجوانية. في الجيل الثاني، كشفت بعض النباتات عن أزهار بيضاء لأنها ورثت فقط عوامل بيضاء. أطلق مندل على العوامل البيضاء اسم المتنحية لأنها تنحّت، أو اختفت، في الجيل الأول.

ولادة علم الوراثة

مع نظريته للعوامل، أظهر مندل أن الخصائص لا تمتزج مثل الألوان في لوحة حين تنتقل إلى أجيال جديدة، وإنما تبقى منفصلة. وبقي عمله الرائد من دون تقدير حين توفي عام 1884، لكن عمله اكتشف مجدداً في بداية القرن العشرين بفضل علماء يدرسون الوراثة. وأطلق على عوامل مندل اسماً جديداً. أطلق عليها اسم الجينات. وأصبح عمله أساس علم الوراثة.



▶ تنمو نباتات البازيلا وتتوالد بسرعة وتنتج الكثير من الذرية في سنة. وهذا ما جعلها خياراً جيداً بالنسبة إلى تجارب مندل، إذ حصل على الكثير من النتائج في وقت قصير.

حاملات الجينات

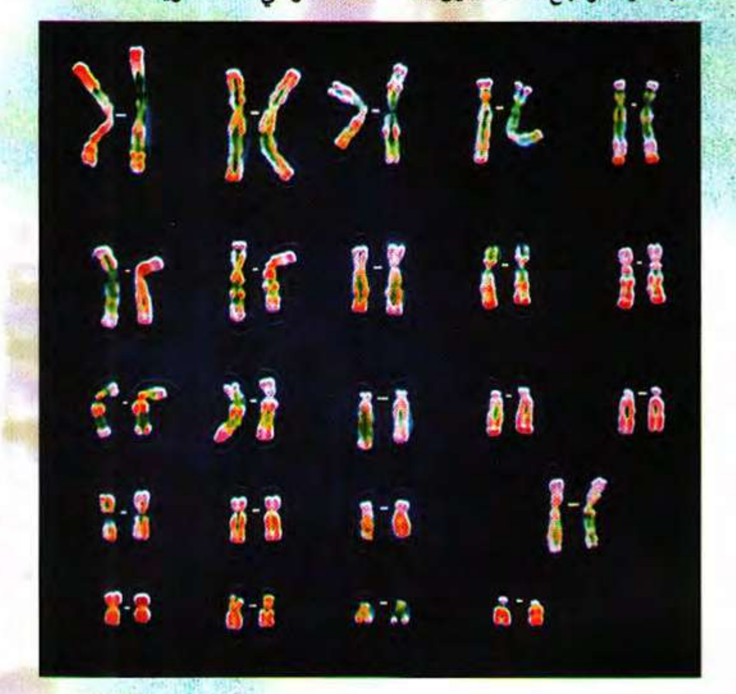
ابتكر العلماء في العام 1880 طرقاً جديدة لفحص الخلايا تحت المجهر. وللمرة الأولى، شاهدوا بنيات طويلة شبيهة بالخيط داخل الخلايا، أطلقوا عليها اسم الكروموزومات. وفي بداية القرن العشرين، اكتشفوا أن هذه الكروموزومات تحمل العوامل، أو الجينات، التي تتحكم في الخصائص التي نرثها من أهلنا. كما تحتوي على التعليمات التي تحتاجها الخلية للعمل.

الخلايا والكروموزومات

الخلايا هي الوحدات الأساسية للحياة، وقد تكون بالغة الصغر لكن ذلك لا يعني أنها بسيطة. تتألف الخلايا من عدة مكونات مختلفة تتعاون لجعل الخلية تعمل. في قلب العمليات هناك مركز تحكم الخلية - النواة. غشاء الخلية هو حاجز مرن، فيما توفر المتقدّرات التي على شكل نقانق احتياجات الطاقة للخلية، وتنتج بنية اسمها شبكة هيولى الباطنية هي أشبه بمعمل صغير، مواداً أساسية.

▲ خلال انقسام الخلية، تلتف الكروموزومات في الأشكال المميزة التي نراها هنا. يظهر أعلاه كروموزومان بشريان تمت معاينتهما تحت مجهر مسح إلكتروني قوي.

▼ إنه نمط نووي بشري - مجموعة كاملة من الكروموزومات - 46 (23 زوجاً) في الإجمال. هنا، تم ترتيب الكروموزومات وفق الحجم من الأكبر (1) إلى الأصغر (22). والزوج الـ 23 هو الكروموزومات الجنسية (راجع الصفحتين 18 - 19) - وهي هنا أنثوية.



الكروموزومات والجينات

يوجد داخل النواة كروموزومات. وفي أغلب الأوقات، تتخذ هذه الكروموزومات شكل خيوط طويلة ورفيعة جداً تصعب رؤيتها. لكن حين تنقسم الخلية لإنتاج خلايا جديدة، تلتف الخيوط الطويلة وتقصر لتكوين كروموزومات مثل هذه المرئية تحت مجهر قوي. وهنا توجد مجموعات تعليمات الجينات. أظهرت التجارب أن آلاف الجينات تجتمع في تسلسل صارم بمحاذاة الكروموزومات بدل تبعثرها في كل مكان.

مجموعتان من الكروموزومات

في العام 1903، اكتشف العالم الأميركي والتر ساتون أن معظم الخلايا مضاعفة، أي أنها تحتوي على مجموعتين من الكروموزومات. في المجموعتين، تتواجد الكروموزومات في أزواج متطابقة، وتنقل الكروموزومات المتطابقة الجينات نفسها في المواقع نفسها.



ما هو عدد الكروموزومات؟

إذا كان البشر يملكون 46 كروموزوماً، ماذا عن بقية الكائنات الحية؟ أظهر العلماء أن كل نوع من الكائنات الحية له عدد محدد من الكروموزومات، من دون أن يكون لذلك علاقة بمدى ضخامته أو تعقيده. فالخلايا الموجودة في شجرة خشب أحمر عملاقة طولها 84 متراً تحتوي على 22 كروموزوماً، فيما الخلايا الموجودة في السمكة الذهبية الصغيرة تحتوي على 94. وتكشف الشمبانزي والغوريلا عن 48 كروموزوماً، تماماً مثل البطاطا! والمهم لناحية شكل الكائن أو كيفية عمله هو الجينات التي تنقلها تلك الكروموزومات.

خلايا منقسمة

تحتوي كل خلية على كل التعليمات التي تحتاج إليها للعمل، لكن الخلايا لا تدوم إلى الأبد. فأجسامنا تستمر أثناء النمو – خلال الطفولة ومن ثم، خلال سن الرشد – باستبدال الخلايا التالفة. ويكون النمو والإصلاح ممكنين بسبب انقسام الخلايا. خلال انقسام الخلية، تنشطر كل خلية لتوليد خليتين وليدتين متطابقتين. والأساس في هذه العملية هو الانقسام الفتيلي، أو الانقسام النووي. بالفعل، يعمل الانقسام الفتيلي على قسم نواة الخلية تماماً وتوزيع رزم متطابقة من الكروموزومات الناقلة للجينات على كل خلية جديدة. وتملك كل خلية جديدة الجينات نفسها الموجودة في الخلية القديمة.

▲ تظهر هذه الخلية البشرية "النموذجية" شكلها الثلاثي الأبعاد. لقد قطعنا هنا الخلية لفتحها – مثلما نقطع برتقالة – للنظر إلى مكوناتها.

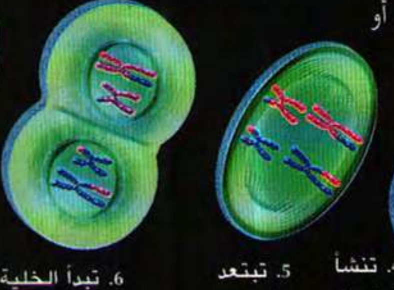
◄ قبل بدء الانقسام الفتيلي، تصبح الكروموزومات الشبيهة بالخيط أقصر وأسمك (1). ينسخ كل كروموزوم نفسه وينتج "ذراعين" متطابقين متصلين – اسمهما الشقوق الصبغية – يعطيانه شكل X (2). يتفكك الغشاء النووي وتتراصف الكروموزومات عبر وسط الخلية (3). تبتعد حينها الشقوق الصبغية عن بعضها في اتجاه طرفيْ الخلية (4). ينشأ غشاءان نوويان جديدان وتبدأ الخلية بالانشطار إلى اثنين (5). أخيراً، تنشأ خليتان وليدتان متطابقتان (6).

أجيال جديدة

كل واحد منا هو ابتكار جديد، مشابه لأي واحد آخر وإنما ليس مثله تماماً. والسبب في ذلك أن كل واحد منا له مجموعة فريدة من الجينات. جاءت نصف هذه الجينات من أُمّنا والنصف الآخر من أبينا. وحين توالد أهلنا، ساهما بطريقة متساوية في رزمة جديدة من الجينات تحتوي على كل التعليمات لإنشاء شخص جديد.

انقسام خاص

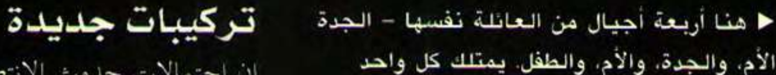
يتألف الفرد الجديد من خلايا اسمها الخلايا الجنسية - مني وبيوض. يتكون المني في خصيتيّ الرجل، فيما تتكوّن البويضات في مبيضيّ المرأة (راجع الصفحتين 18 - 19) نتيجة نوع خاص من انقسام الخلية اسمه الانتصاف (meiosis). والخلايا الجنسية مميزة لأنها تحتوي فقط على 23 كروموزوماً - نصف العدد الاعتيادي. أما الخلايا التي تنتج الخلايا الجنسية فتملك مجموعتين من 23 كروموزوماً (46 في الإجمال) مثل باقي خلايا الجسم. خلال الانتصاف، تنشطر هذه الخلايا بحيث يحتوي كل حيوان منوي أو بويضة على مجموعة واحدة فقط من 23 كروموزوماً، هي خليط فريد من المجموعتين الأصليتين. بالإضافة إلى ذلك، تقايض العديد من الكروموزومات الجينات ببعضها خلال عملية تعرف بالعبور التبادلي. يؤدي ذلك إلى خلط التركيبة الأصلية للجينات مجدداً لإنتاج تركيبات جديدة في خلايا المني أو البويضات الناجمة.








▲► تصبح الكروموزومات مباشرة قبل الانتصاف، أقصر وأسمك (1) وتنشأ أزواج متطابقة من كروموزومات الأم والأب (2). وفي عملية اسمها العبور التبادلي (3)، تقايض الكروموزومات القريبة من بعضها قطعاً، ويكتسب كل منها جينات جديدة (4). تبتعد الأزواج المتطابقة عن بعضها (5) وتنقسم الخلية (6) لتكوين خلايا جديدة ضمن مجموعة فريدة من الكروموزومات (7). وفي كل واحدة من الخلايا الجديدة، تبتعد الكروموزومات عن بعضها (8) وتنقسم الخلية إلى اثنتين (9). وأخيراً، تنشأ أربع خلايا جنسية جديدة (10). يمتلك كل منها مجموعة فريدة وواحدة من الكروموزومات. واللافت أن كل خلية جنسية تحتوي على واحدة من 8,388,608 تركيبة ممكنة للكروموزومات الأصلية للشخص.



▶ هنا أربعة أجيال من العائلة نفسها - الجدة الأم، والجدة، والأم، والطفل. يمتلك كل واحد منهم مجموعة جينات متشابهة، وإنما غير متطابقة، لتلك الموجودة عند أمه. لهذا السبب، يمكنك ملاحظة أوجه الشبه العائلية، وإنما أيضاً تمييز الأفراد عن بعضهم.

تركيبات جديدة

إن احتمالات حدوث الانتصاف والتخصيب تعني أن كل شخص جديد يتلقى واحدة من ملايين التركيبات المحتملة لكروموزومات أمه وأبيه في مجموعات التعليمات الوراثية الشخصية. ولهذا السبب، يعتبر كل واحد منا فريداً.

اتخاذ شكل

إن تحول البويضة المخصبة إلى طفل نام يستلزم خطة معقدة. تنقسم الخلية المخصبة بالانقسام الفتيلي (راجع الصفحتين 12 و13) مراراً وتكراراً لتوليد مليارات الخلايا، التي تملك كلها مجموعات متطابقة من الجينات. لكن إذا كان النمو هو كل ما يحدث، سنحصل فقط على كتل رمادية عديمة الشكل. لذا، ثمة شيء آخر يحدث أيضاً. إنه يعرف بالنشوء، وهي عملية تعطي الشكل للطفل النامي وتنتج كل أعضاء جسمه المختلفة، مثل العضلات والأعصاب. تمتلك كل خلايا الطفل جينات متطابقة، لكن حين تنقسم، تعمل أو تتوقف جينات مختلفة، تماماً مثل مفاتيح الضوء. تظهر مجموعات مختلفة من الخلايا، يحتوي كل منها على تعليمات مختلفة قليلاً بحيث تنمو بطريقة صحيحة وتنجز المهام الصحيحة في الجسم.

▶ تصوّر هذه الصورة المجهرية لحظة التخصيب. سينضم واحد من مئات الحيوانات المنوية إلى البويضة لتوليد كائن جديد.

▼ هذا الجنين البالغ من العمر أربعة أشهر ينمو بسرعة وبات من الممكن التعرف على جسمه.

الانضمام

بدأ كل واحد منا الحياة في التخصيب، حين انضم حيوان منوي إلى بويضة - علماً أن كلاً منهما يمتلك رزمته الفريدة من الكروموزومات. داخل الجهاز التناسلي للمرأة، تسبح مئات الحيوانات المنوية نحو البويضة، وتحيط بها وتحاول اختراقها عبر سطحها الخارجي. وفي النهاية، ينجح حيوان منوي واحد. تتحد نواته مع نواة البويضة. وتجتمع الكروموزومات الـ 23 للبويضة بالكروموزومات الـ 23 للمني لتكوين بويضة مخصبة تحتوي على 46 كروموزوماً - أي العدد الكامل اللازم لإنشاء كائن بشري جديد.

اختلاف جيني

الجينات هي التعليمات اللازمة لتكوين الجسم البشري وكل خصائصه. قارن شخصاً بآخر وستجد أن جيناتهما متشابهة جداً. لكن هناك بعض الاختلافات أو التعديلات. ولولاها لكنا جميعاً متشابهين. نحن نرث هذه الاختلافات من أهلنا، وقد ننقلها إلى أولادنا.

مثل الخرز في خيط

هناك 23 زوجاً من الكروموزومات داخل الخلايا البشرية، كما لاحظنا قبلاً. وفي كل زوج، نجد كروموزوماً من الأم وكروزوماً من الأب. وتحمل كل مجموعة كروموزومات بين 30 و40 ألف جينة، تكون مرتبة على طول الكروموزومات تماماً كالخرز في الخيط. وتكون الجينات مرتبة بالتسلسل نفسه على طول كلا الكروموزومين في الزوج. لذا، تتواجد الجينات، وكذلك الكروموزومات، في أزواج.

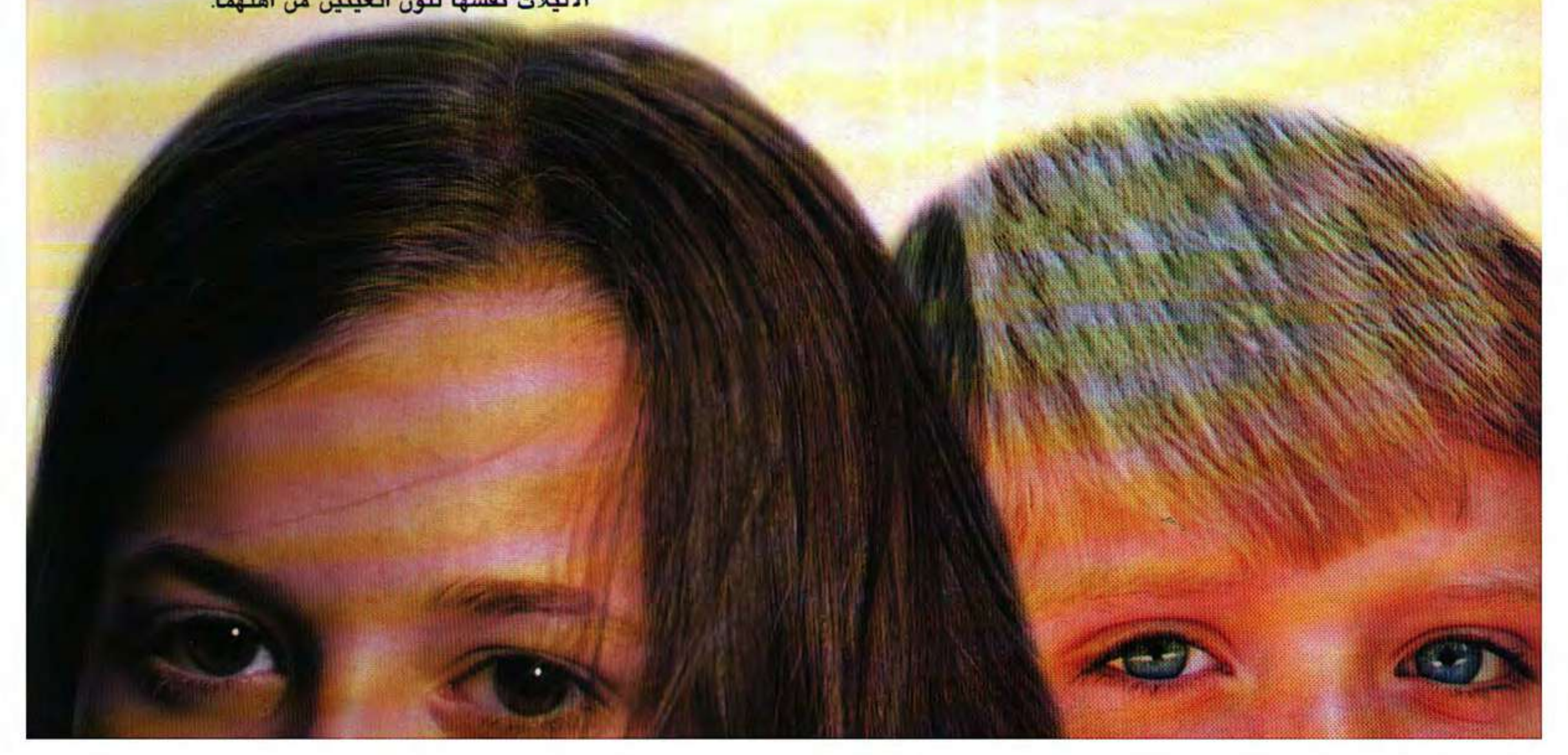
اختلاف عبر الأليلات (Alleles)

إن كل كروموزوم في زوج يضم كروموزوماً من الأم وكروموزوماً من الأب هو تقريباً، وليس تماماً، مرآة للآخر. فتماماً مثل النكهات المختلفة في البوظة، يمكن للجينة التي تتحكم في قسمة معينة أن تتوافر في شكلين أو أكثر يعرفان بالأليلين. في الواقع، إن الأليلات هي التي تولد الاختلافات - مثل العيون البنية أو الزرقاء - التي تجعلنا مختلفين قليلاً عن بعضنا.

b b B B

▲ هذه الجينة التي تتحكم في لون عينيك موجودة في الموقع نفسه، أو الموضع نفسه، في شكلين الأبوي والأمومي من الكروموزوم 15. تمتلك هذه الجينة أليلين. الأول اسمه B ينتج عيوناً بنية والثاني اسمه b ينتج عيوناً زرقاء. ويمكن لزوج من الكروموزومات أن تمتلك أليلين BB أو Bb أو bb.

▼ إنهما أخ وأخت، لكن الصبي يمتلك عينين زرقاوين بينما تمتلك أخته عينين بنيتين لأنهما لم يرثا الأليلات نفسها للون العينين من أهلهما.



الجدان
bb BB
B b
الأهل
Bb Bb زوجان Bb
B b B b
الأولاد
BB Bb Bb bb

◄ في هذه العائلة الخيالية، يمتلك أحد الجدين عينين بنيتين (أليلين BB) فيما يمتلك الآخر عينين زرقاوين (أليلين bb). يرث كل واحد من ولديهما أليل B وأليل b وتتمثل النتيجة في عيون بنية عند الاثنين. حين يكبران، يتزوج أحد الولدين من شخص له عينين بنيتين أي أيضاً أليلين Bb. هناك ثلاثة احتمالات من أصل أربعة أن يمتلك أحد أولادهما عينين بنيتين واحتمال واحد من أصل أربعة أن يمتلك عينين زرقاوين. يظهر الرسم مختلف الاتحادات للأليلات التي يرثها الأولاد. لكن في الحقيقة، يكون الوضع أكثر تعقيداً من هذا. فتماماً مثل معظم الخصائص البشرية، يخضع لون العين لأكثر من جينة واحدة. ويمتلك الأشخاص عيوناً خضراء أو رمادية أو عسلية، وكذلك زرقاء أو بنية.

مهيمن ومتنحي

باستعمال أليلات لون العين كمثل، نلقي نظرة على كيفية انتقال الأليلات من الأهل إلى الأولاد ونعرف سبب عدم توليد بعض الأليلات لخاصية معينة حتى عندما تكون موجودة. تعطى الأليلات أحرفاً عادة - أليلة العيون البنية هي B عادة فيما أليلة العيون الزرقاء هي b. والشخص الذي يمتلك هذين النوعين من الأليلات - أي B و- b يكشف عن عينين بنيتين. لماذا؟ لأن الأليلة البنية، المعروف بأنها مهيمنة، أقوى. إنها تحجب أو تهيمن على الأليلة الزرقاء التي هي أقل قوة ويقال عنها إنها أليلة متنحية. أما الشخص الذي يمتلك أليلتين بنيتين (BB) فيملك عيوناً بنية. وحده الشخص الذي يمتلك أليلتين زرقاوين (bb) يمتلك عينين زرقاوين.

جينات معدلة

كيف تظهر الأليلات، هذه الأشكال المختلفة من الجينات؟ عبر تغييرات عشوائية اسمها التحولات (راجع الصفحتين 32 و33). قد تحدث هذه التغييرات بصورة طبيعية، أو قد تنجم عن تعرض الشخص للأشعة أو المواد الكيميائية المؤذية. وأياً كان السبب، يمتلك كل شخص عدة تحولات في جينات الكروموزومات. قد يولّد التحول أليلة ليس لها تأثير ملحوظ، أو أليلة تحدث تغييراً مفيداً أو أليلة تسبب الأذى. وإذا حصل التحول في خلية تنتج البيض أو المني، يمكن أن ينتقل إلى الجيل التالي.

فهم الأليلات

بعد أن أصبحنا نعرف الآن المزيد عن الكروموزومات والجينات والأليلات، نفهم لماذا حصل غريغور مندل (راجع الصفحتين 10 و11) على النتائج حين أجرى اختباراته على نباتات البازيلا. وما اعتبره مندل «عوامل»، نطلق عليه الآن اسم جينات أو أليلات. وندرك تماماً أن النباتات الأصلية ذات الأزهار الأرجوانية والبيضاء التي زرعها مندل كانت تمتلك أزواجاً من أليلات متشابهة. كانت الأليلة المنتجة للأزهار الأرجوانية مهيمنة على تلك المنتجة للأزهار البيضاء. وحدها النباتات التي لها أليلين للون البيضاء أنتجت أزهاراً بيضاء.

▼ يستعمل ذباب الفاكهة عادة في الأبحاث لمساعدتنا على فهم الجينات والأليلات. نجد إلى اليسار ذبابة فاكهة عادية وإلى اليمين ذبابة فاكهة معالجة بالأشعة. تكشف ذبابة الفاكهة المعالجة عن تحولات في الجينات جعلت عيونها الحمراء أصغر حجماً.



بنت أم صبي؟

ندرك في سنّ مبكرة أن الأشخاص يتوزعون على مجموعتين منفصلتين، أو جنسين، هما الإناث والذكور. لمَ هذا مهم جداً؟ لأن هناك حاجة إلى اثنين من الأهل، واحد من كل جنس، للتوالد وتكوين الأطفال. أما أن يكون الطفل أنثى أو ذكراً - بنت أو صبي - فيرتبط بكروموزوم معين موروث من والده، يؤلف جزءاً من زوج كروموزومات اسمها كروموزومات الجنس. تمتلك الفتيات كروموزومين X فيما يمتلك الصبيان كروموزوم X وكروموزوم Y.

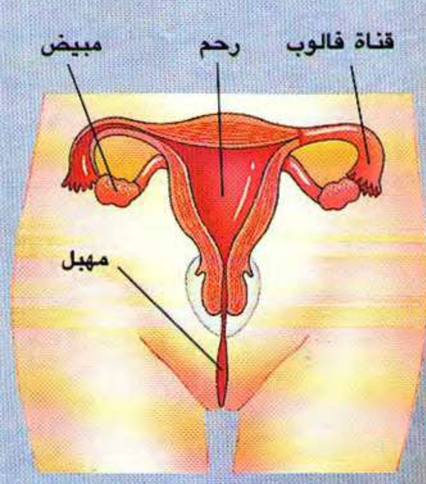
▲ هذه الصورة للكروموزومات الجنسية عند ذكر بشري - X إلى اليسار وY إلى اليمين - تُظهر بوضوح كيف يكون الكروموزوم Y الذكر أصغر. إنه يحتوي على عدد أقل من الجينات.



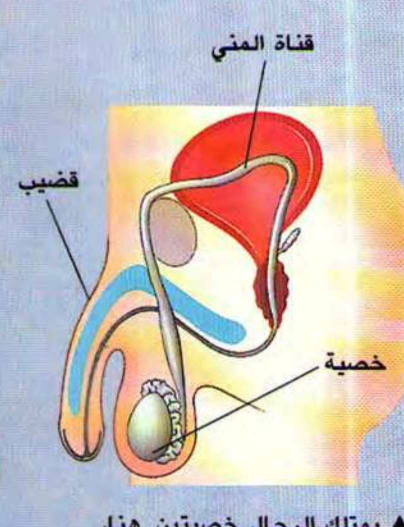
▼ إن مجرد كروموزوم واحد موروث من الوالد يحدد جنس الأولاد. لقد ورثت الفتاة الكروموزوم X من والدها فيما ورث الصبي الكروموزوم Y.

جنسان

يختلف الصبيان والبنات في أشياء ويتشابهون في أشياء أخرى. فمن حيث التكوين البيولوجي، يتمثل الاختلاف الأساسي في الجهاز التناسلي عندهم - أي أنحاء الجسم التي تتيح لهم، حين يصبحون بالغين، أن ينجبوا الأطفال. حين يتوالد البشر، تبرز الحاجة إلى شخصين - ذكر وأنثى. يمتلك الذكور خصيتين تنتج عند الرجال الراشدين خلايا جنسية اسمها المني. وتمتلك الإناث مبيضين يطلقان عند النساء البالغات خلايا جنسية اسمها البويضات. إذا التقى حيوان منوي وبويضة أثناء التخصيب (راجع الصفحتين 14 و15)، يبدأ طفل جديد، له تركيبته الفريدة من الجينات، بالنمو داخل رحم المرأة. وكما رأينا سابقاً، يفضي التوالد إلى أولاد غير مطابقين تماماً لأهلهم. فنحن نرث بعض خصائص أهلنا ولا نرث البعض الآخر.



▲ تمتلك النساء مبيضين يحدث فيهما الانتصاف وتنشأ خلايا البويضة. تطلق البويضات من المبيضين إلى قناتيَ فالوب. وإذا التقى حيوان منوي ببويضة، تغرس البويضة المخصبة نفسها في بطانة الرحم حيث تبدأ بالنمو لتصبح طفلاً جديداً.

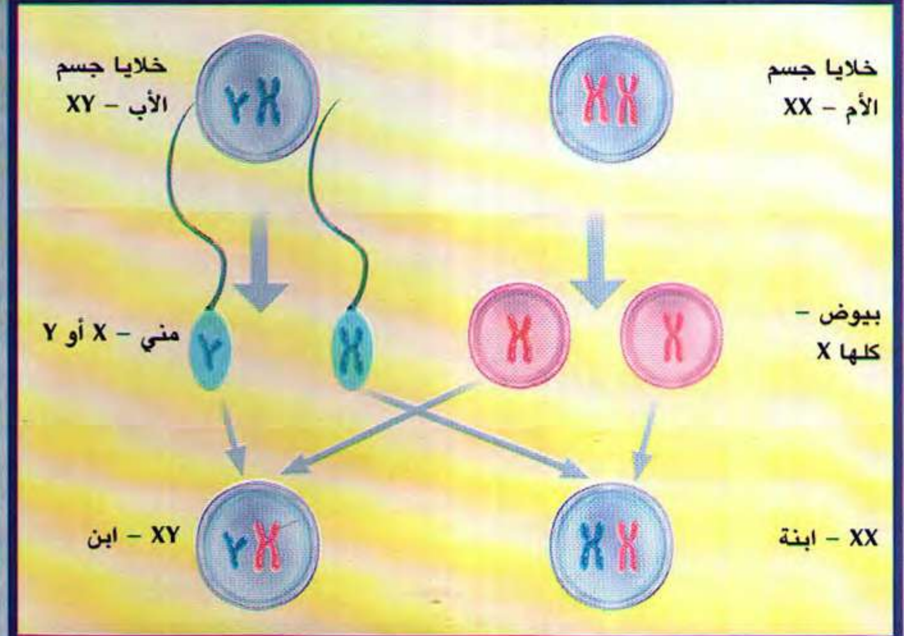


▲ يمتلك الرجال خصيتين. هنا، يحدث الانتصاف وتنتج ملايين الخلايا المنوية. حين يتوالد رجل وامرأة، ينتقل المني عبر قناة المني وصولاً إلى القضيب. وإذا التقى مني بخلية بويضة، يحدث التخصيب.



XX أم XY؟

يرتبط جنس الشخص باثنين فقط من الـ 46 كروموزوماً الموجودة في خلاياه - وهما الكروموزومان الجنسيان. تمتلك الفتاة كروموزومين (XX) X، فيما يمتلك الصبي كروموزوم X وكروموزوم (XY) Y. لكن البويضات والمني هي استثناء على هذه القاعدة. فبما أنها تحتوي على 23 كروموزوماً فقط، فإنها تمتلك واحداً فقط من زوج الكروموزومات الجنسية. تحمل كل البويضات كروموزوم X. أما المني فيحمل نصفها الكروموزوم Y فيما يحمل نصفها الآخر الكروموزوم Y.



يولد الانتصاف خلايا جنسية تمتلك فقط نصف عدد الكروموزومات الموجودة في خلية جسم طبيعية. وتمتلك كل خلية جنسية كروموزوماً جنسياً واحداً - X أو Y. يؤدي التخصيب إلى جمع خلايا بويضة (كلها X) بخلايا مني (X أو Y). وتكون النتيجة - XX أنثى - أو - XY ذكر.



تبديل ذكر

لماذا يؤدي XX إلى فتاة فيما يؤدي XY إلى صبي؟ في الأسابيع الأولى للحمل، بعد خمسة أسابيع تقريباً على التخصيب، يحدث شيء داخل أجنّة XY. بالفعل، يتم تشغيل جينة، اسمها SRY، يحملها الكروموزوم Y. ترسل هذه الجينة رسالة تحفز نمو الخصيتين والأعضاء الذكورية الأخرى بحيث يتحول الجنين إلى صبي. أما الجنين الذي يمتلك كروموزومين X فلا يمتلك الجينة SRY ويصبح بالتالي فتاة.

وراثة مرتبطة بالجنس

هناك بعض المشاكل، مثل عمى الألوان، التي تكون أكثر شيوعاً عند الصبيان مما هي عند البنات. والسبب في ذلك أن الأليل المتنحي الذي يسبب عمى الألوان موجود في الكروموزوم X ولكن ليس في الكروموزوم Y. وإذا كان الأليل موجوداً في كروموزوم X واحد عند الذكر، لا يوجد أليل مهيمن في الموضع المرادف في الكروموزوم Y للتغلب على الأليل المتنحي. لذا، يصاب الذكر بعمى الألوان. وعند الأنثى، يجب أن يحمل الكروموزومان X أليلة عمى الألوان المتنحية لجعلها مصابة بعمى الألوان. ولهذا السبب نجد عدداً قليلاً من الفتيات مصابات بعمى الألوان.

◄ إن بعض الأشخاص المصابين بعمى الألوان لا يستطيعون التمييز بين الأحمر والأخضر. إذا استطعت مشاهدة خط النقاط الخضراء في هذه الصورة، لا تكون مصاباً بعمى الألوان.

طبيعة أم تنشئة؟

إن الجينات التي ترثها من أهلك تحدد شكلك وتؤثر في كيفية تصرفك. أو هل تفعل ذلك حقاً؟ ماذا عن بيئتك - كل التأثيرات في حياتك قبل أن تولد ومنذ أن ولدت؟ ألا تؤثر هي أيضاً؟ تجادل الناس طوال سنوات ما إذا كانت جيناتك (الطبيعة) أو بيئتك (التنشئة) تجعلك على ما أنت عليه. واليوم، يعرف العلماء المزيد عن طريقة تفاعل الطبيعة والتنشئة.



▲ إن الصبي الموجود إلى اليسار مصاب بالبهق، وهي مشكلة ناجمة كلياً عن الجينات. على عكس الصبي الموجود إلى اليمين، تفتقد بشرته إلى صباغ الميلانين البني الذي يعطي البشرة لونها. إنه يمتلك نسخة من جينة إنتاج الميلانين التي تمنع إنتاج الميلانين.

قولبة الإطار

توفر الجينات الخطة لأجسامنا. لكن يمكن قولبة هذه الخطة وتغييرها بعدة طرق نتيجة محيطنا وسلوكنا. وثمة تأثير مهم هو الظروف الموجودة داخل رحم الأم، حيث نمضي أول تسعة أشهر. ثمة تأثيرات أخرى تشمل الطعام الذي نأكله، والمكان الذي نعيش فيه، والتربية التي نتلقاها، وحتى مدى نشاطنا، وكذلك تأثير العائلة والأصدقاء.

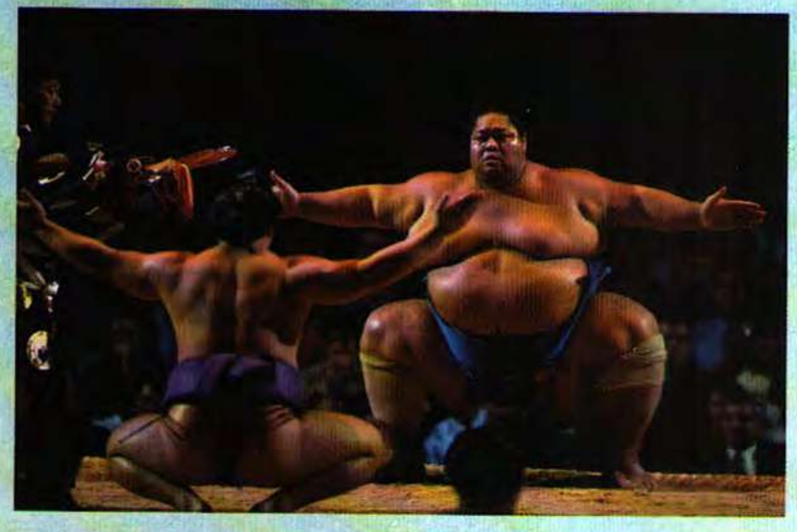
جينات فقط

هناك بعض الخصائص التي تخضع لسيطرة الجينات وحدها. ولون العين هو مثال على ذلك (راجع الصفحتين 16 و17). كذلك هي فئة دم الشخص. فكل واحد منا يمتلك واحدة من أربع فئات دم، اسمها A وB وAB وO. تتحدد فئة دمك بجينة معينة - وأنت تعلم ذلك ربما. لذا، بصرف النظر عن المكان الذي نشأت فيه، لا يمكن أن تتغير فئة دمك.

◄ يرث الطفل جيناته من أهله، وهم يهتمون به. لكن بيئة الشخص - أي حيث يعيش وكيف يعيش - هي أيضاً جزء من هذا الاهتمام وأساسية لمستقبله. فالغذاء، والتربية، والرعاية الصحية، والثروة، وطريقة العيش تؤدي كلها دوراً. وتختلف هذه الأشياء كثيراً من بلد إلى آخر.

تغير التنشئة

في معظم الحالات، ليست الجينات وحدها وإنما الجينات والبيئة هي التي تسهم في جعلنا على ما نحن عليه. خذ الطول مثلاً. لقد ازداد متوسط الطول في الدول الغربية بصورة جذرية خلال الـ 400 سنة الأخيرة. صحيح أن الجينات تؤدي دوراً في تحديد مدى طولنا (وهذا ما تعرفه إذا كان هناك الكثير من الأشخاص الطويلين في عائلتك)، إلا أن الطعام وظروف العيش الأفضل جعلتنا أكثر طولاً. فالولد الذي يترعرع من دون طعام كافٍ وبيئة آمنة قد يكون أصغر كثيراً من المعدل. لكن علينا أن نتذكر أنه مهما كان الشيء الذي نحصل عليه من بيئتنا، لا نستطيع نقله إلى أولادنا، لأنه ليس جزءاً من جيناتنا. فعلى سبيل المثال، ليس بالضرورة أن يكون أولاد مصارعي السومو مفرطي الوزن مثل آبائهم.



▲ ليست الجينات وحدها التي تجعل مصارعي السومو بهذه الضخامة. فالغذاء يؤدي جزءاً مهماً إذ يعمد هؤلاء المصارعون إلى تكديس الوزن الزائد بتناول مقادير كبيرة من يخنة غنية اسمها التشانكو.

شخصية وجينات؟

نحن كبشر، لدينا 99,9 في المئة من الجينات المماثلة لتلك الموجودة عند أي شخص آخر. لكن هذا الفرق البالغ 0,1 في المئة، إضافة إلى تأثيرات بيئتنا، كافٍ لجعلنا على ما نحن عليه. أنظر إلى أصدقائك وعائلتك وستلاحظ كم تختلف الشخصيات. في الواقع، إن دراسة الشخصية، وكذلك الذكاء والإبداع وما إلى ذلك، هي معقدة بحيث بدأ العلماء للتو بفهم كيفية صياغة الطبيعة أو التنشئة لكل جانب من جوانبنا. فعلى سبيل المثال، تم اكتشاف جينة تؤدي دوراً في جعل بعض الأشخاص يحبون المغامرة ويستمتعون بنشاطات مثل الرياضات الخطرة. لكن هذه جينة واحدة من عدة جينات – من دون أن نذكر تأثيرات البيئة – التي تجعلنا متهورين أو رزينين.

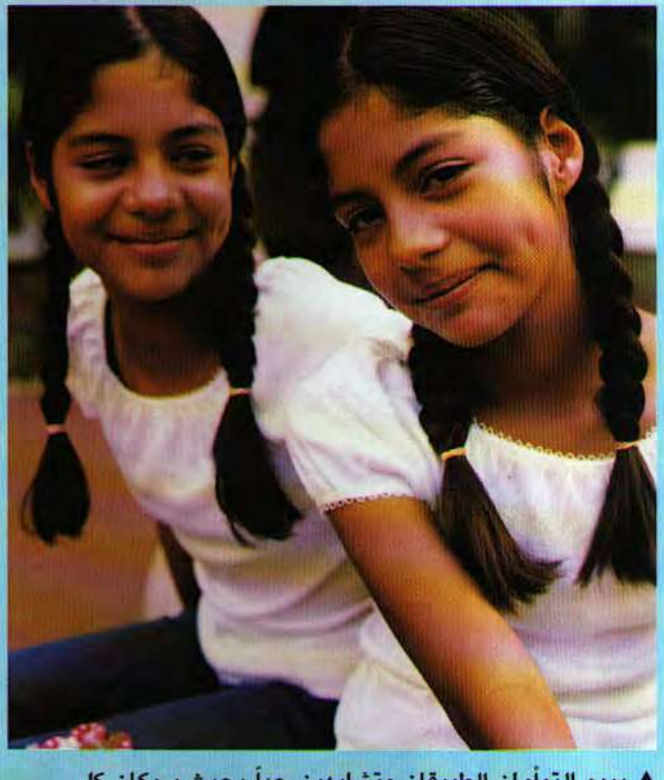
◄ إن الولد الذي ينشأ في اليابان الغنية والمتحضرة (أقصى اليمين) سيحظى بغذاء أفضل من الولد الذي ينشأ في قرية في بابوا غينيا الجديدة (الوسط إلى اليمين)، ويحتمل أن يعيش أطول لغاية متوسط عمر قدره 81 عاماً وليس فقط 63 عاماً. وفي البرازيل، حيث يعيش العديد من الأشخاص في أحياء فقيرة مثل تلك الموجودة في سان سلفادور (الوسط إلى اليسار)، هناك 6 في المئة من الأولاد يعانون من قلة الوزن. وفي أوروبا (إلى اليسار)، يمكن للغذاء الغني بالأطعمة الدهنية أن يفضي إلى البدانة ومرض القلب في مرحلة لاحقة من الحياة.

اثنان من نوع واحد

تختلف الحيوانات من حيث عدد الصغار التي تنجبها. فالقطط، مثلاً، يمكن أن تنجب لغاية 8 قطط صغيرة. أما البشر فينجبون عادة طفلاً واحداً كل مرة، وإنما طفلين في بعض الأحيان، يعرفان بالتوأم. يمكن أن تساعدنا التوائم في معرفة المزيد عن الجينات والوراثة. ويدرس العلماء ما إذا كانت بعض الخصائص موروثة أم أنها تنجم عن بيئة الشخص.

نفسه أم مختلف

أنت تعلم ربما أن التوائم يولدون بشكلين - توأمان طبيقان أو توأمان غير طبيقين. والتوأمان الطبيقان يبدوان متشابهين تماماً - أو جداً جداً. والسبب في ذلك أنهما يمتلكان الجينات نفسها تماماً. أما التوأمان غير الطبيقين فلهما العمر نفسه، لكنهما لا يشبهان بعضهما أكثر مما يفعل باقي الإخوة والأخوات. ولكل واحد منهما تركيبته الفريدة من الجينات.



▲ يبدو التوأمان الطبيقان متشابهين جداً بحيث يربكان كل شخص. إنهما يمتلكان مجموعات متطابقة من الكروموزومات والجينات. ويكون التوأمان الطبيقان دوماً إما فتاتين أو صبيين لأنهما يملكان كروموزومات جنسية متطابقة.

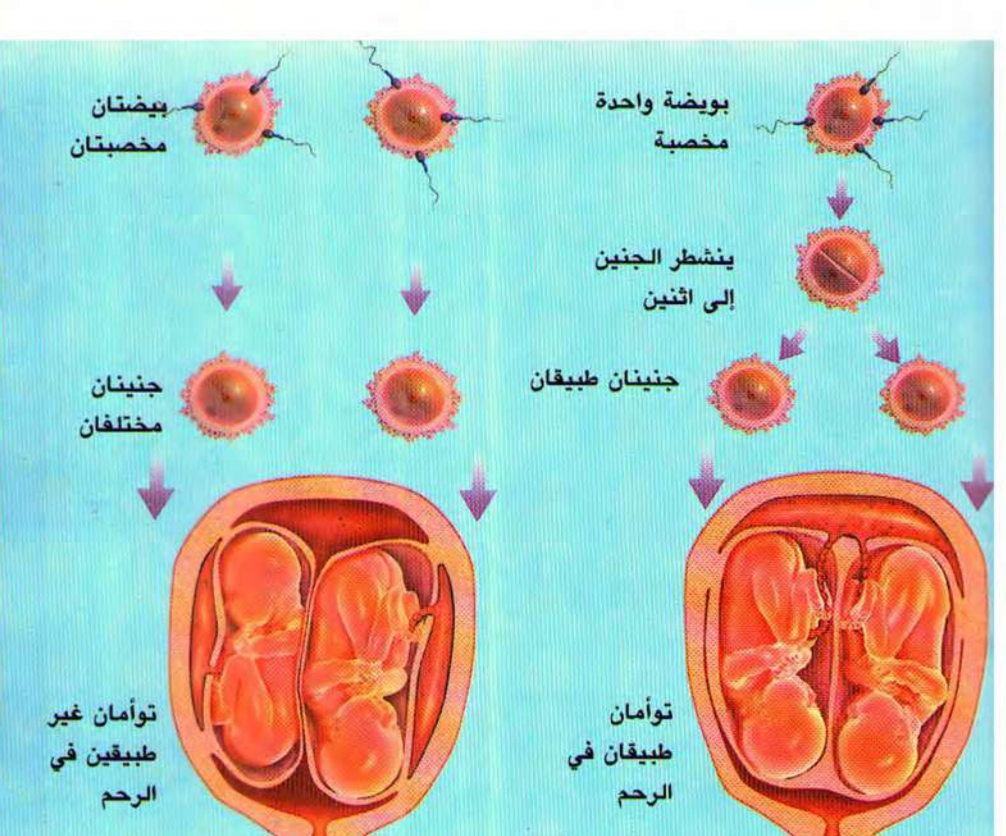
▼ ينشأ التوأمان الطبيقان في البيئة نفسها عادة، ويكشفان غالباً عن اهتمامات متشابهة. لكن ثمة قدرة موسيقية معينة، تعرف بالدرجة المثالية، يتضح أنها وراثية حسب دراسات التوائم.

دراسة التوائم

تمت دراسة التوائم طوال سنوات من قبل العلماء الذين يدرسون ما إذا كانت الخصائص البشرية نتيجة الطبيعة (الجينات) أو التنشئة (البيئة)، أو الاثنين معاً. وبما أن التوأمين الطبيقين يتشاركان الجينات نفسها، يتضح أنه إذا كان ثمة خاصية يتشاركها معظم التوائم الطبيقين ولكن ليس معظم التوائم غير الطبيقين، يستنتج العلماء أن هذه الخاصية محددة بالجينات. لكن إذا كانت هذه الخاصية موجودة عند أعداد مماثلة من التوائم الطبيقين والتوائم غير الطبيقين، يحتمل أن تكون متأثرة بالبيئة. لكن معظم الخصائص تنجم عن مزيج من الجينات والبيئة.

كيف يحدث التوائم

لمعرفة كيف يحدث التوائم علينا النظر إلى ما يحدث خلال التخصيب. تطلق المرأة عادة بويضة واحدة من أحد مبيضيها مرة كل شهر. إذا جرى تخصيب البويضة بمني، تبدأ بالتحول إلى طفل. لكن كما يتضح في الرسم البياني المبين في الصفحة المقابلة، تحدث الأمور أحياناً بطريقة مختلفة قليلاً، ما يفضي إلى التوائم.



▲ يحدث التوأمان الطبيقان حين يجري تخصيب بويضة واحدة، لكن هذه البويضة تنشطر في مرحلة ما قبل وصولها إلى الرحم لتصبح جنينين منفصلين تماماً وإنما متطابقين. داخل الرحم، يمتلك كل واحد من التوأمين الطبيقين حبلاً سرياً خاصاً به وإنما يتشاركان المشيمة نفسها.

▲ يحدث التوأمان غير الطبيقين حين يجري إطلاق بويضتين من المبيضين وتخصيبهما بمنيين مختلفين. يكون ترتيب التوأمين غير الطبيقين داخل الرحم مختلفاً عموماً عن ذلك الموجود مع التوأمين الطبيقين.

▲ يمكن أن يبدو التوأمان غير الطبيقين متشابهين جداً أو مختلفين جداً، تماماً مثل باقي الإخوة والأخوات. وهما لا يتشاركان الكروموزومات والجينات نفسها تماماً وإنما يملكان تركيبات مختلفة من جينات أهلهم. وقد يكونان أختين أو أخوين أو أختاً وأخاً.

أكثر من اثنين

نادراً ما ينجب البشر أكثر من ولد أو ولدين كل مرة. لكن ذلك يحدث أحياناً. فعلى نحو أكثر ندرة من إنجاب توأمين، يولد أحياناً ثلاثة أطفال أو ثلاثة توائم في الوقت نفسه. وفي الإجمال، تفضي ولادة واحدة من أصل 70 إلى توأمين، وولادة واحدة من أصل 2000 إلى ثلاثة توائم. يكون التوائم الثلاثة غير طبيقين عادة، لكنهم قد يكونون طبيقين أو يتألفون حتى من توأمين طبيقين وأخ أو أخت غير طبيق. وفي بعض حالات الحمل النادرة جداً، قد يولد أربعة أو خمسة أو حتى ستة توائم. ويحدث ذلك عادة حين تتلقى الأم علاج خصوبة لمساعدتها على الحمل.

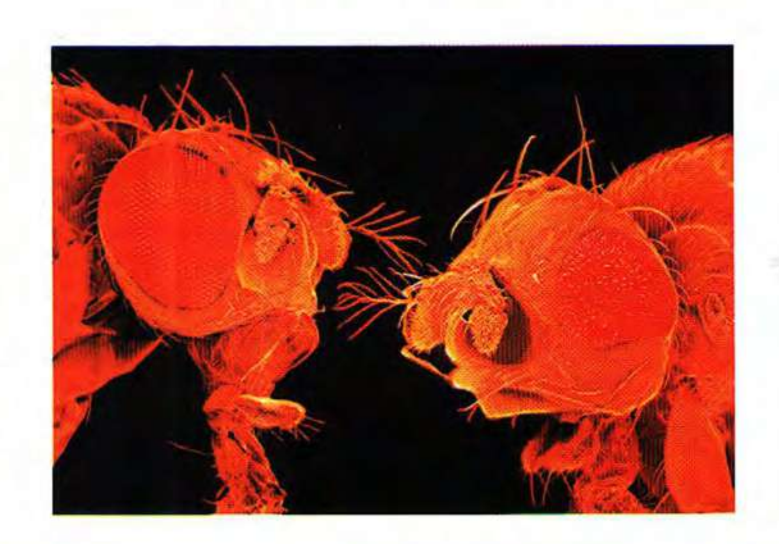


◄ بنات جانيت وغراهام والتون: كايت، لوسي، جيني وروث (في الصف الخلفي) مع هانا وسارة (في الصف الأمامي) هن مجموعة من ست توائم بنات. وقد تصدرن عناوين الصحف حين ولدن في ليفربول، إنكلترا، عام 1983.

خلاصة الفصل الأول: الجينات والوراثة

وراثة الخصائص

كيف يرث البشر، والكائنات الحية الأخرى، الخصائص من الأهل؟ كيف تنتقل هذه الخصائص إلى أولادهم؟ لماذا نبدو جميعاً مختلفين قليلاً؟ كانت هذه هي الأسئلة المطروحة في الفصل الأول، وقد لاحظنا أنه يمكن الإجابة عليها باستعمال علم الوراثة، وهو علم نشأ استناداً إلى أبحاث راهب عاش في القرن التاسع عشر اسمه غريغور مندل.



الجينات تعليمات

في أيام مندل، اعتقد الناس أنه حين يتوالد الرجل والمرأة، تمتزج خصائصهما مع بعضها في ولدهما. أجرى مندل اختبارات على النباتات أظهرت أن الأهل ينقلون فعلياً إلى أولادهم وحدات بالغة الصغر من الوراثة لا تختلط وإنما تبقى منفصلة. وقد أطلق على هذه الوحدات اسم «العوامل». ونحن نسميها الآن جينات. وكل جينة هي تعليمة تتحكم في خاصية معينة، مثل لون العين. تتواجد الجينات داخل الخلايا على طول بنيات شبيهة بالخيوط اسمها الكروموزومات، التي يوجد منها مجموعتان. تأتي الجينات في أزواج، ويمكن أن تتوافر الجينات في زوج في أشكال مختلفة، اسمها الأليلات، تنتج أشكالاً مختلفة من الخاصية نفسها، مثل العيون الزرقاء أو البنية. وهذا ما يفسر لماذا نختلف قليلاً عن بعضنا.

الطبيعة والتنشئة

لا يرتبط كل جانب من جوانب حياتنا بجيناتنا. فالجينات (الطبيعة) توفر إطاراً تتم قولبته بالتجارب التي نعيشها في الحياة (التنشئة). يمكننا اختبار تأثيرات الطبيعة والتنشئة بمقارنة أوجه الشبه بين التوأمين الطبيقين اللذين يتشاركان تماماً الجينات نفسها.

للمزيد من المعلومات...

لاكتشاف المزيد عن الجينات والحامض النووي الريبي DNA، قم بزيارة الموقع www.dnaftb.org.

أفصل الكروموزومات إلى أزواج والعب ألعاباً أخرى بالجينات في الموقع: www.genecrc.org/site/ko/ko5.htm.

شاهد رسوماً متحركة للانقسام الفتيلي في الموقع: www.cellsalive.com/mitosis.htm أو الانتصاف على العنوان: www.rothamsted.bbsrc.ac.uk/notebook/courses/guide/movie/meiosis.htm.

إعرف المزيد عن البيئة والتنشئة والتوائم والكثير من المعلومات الأخرى في الموقع: www.bbc.co.uk/science/genes.

"لغة الجينات" بقلم ستيف جونز HarperCollins)، 1993 للقراء الأكبر سناً.

عالم النباتات

يدرس النباتات وطريقة عيشها وتوالدها.

عالم الخلايا

يدرس الخلايا وبنيتها وطريقة عملها.

عالم الجينات

يدرس الجينات والدي أن آي والوراثة

الخبير باستعمال المجهر

يفحص ويصور الأشياء الصغيرة، مثل الكروموزومات، باستعمال مجهر ضوئي أو إلكتروني.

عالم النفس

يدرس العقل والسلوك البشري.

الفصل الثاني



DNA: جزيئة الحياة

خمسون عاماً ليست بالفترة الزمنية الطويلة مقارنة بمليارات السنين التي وجدت فيها الحياة على الأرض. لكن الخمسين سنة الممتدة بين 1953 و2003 لها أهمية كبيرة بالنسبة إلى علم الأحياء لأنه جرى فيها اكتشاف العديد من أسرار الحياة. والمنبه الذي كان وراء هذه الاكتشافات هو أحد أعظم تحديات العلم على الإطلاق - ألا وهو اكتشاف DNA، المادة التي تتألف منها جيناتنا. فبعد معرفة تركيبة DNA، استطاع العلماء معرفة كيف توفر مكتبة من التعليمات تتحكم في الخلايا التي تؤلف أجسامنا وأجسام باقي الكائنات الحية. وفي بداية القرن الحادي والعشرين، حقق مشروع الجينوم البشري قفزة كبيرة إلى الأمام بإنجاز المهمة العملاقة المتمثلة في قراءة الأحرف التي تؤلف التعليمات الموجودة في DNA خاصتنا. وشكل هذا الإنجاز بداية عملية ستتيح يوماً ما للبشر فهم كيف تجعلنا DNA جميعاً كائنات بشرية، وإنما تجعلنا أيضاً أفراداً فريدين.



اكتشاف DNA

طوال أربع مليارات سنة تقريباً، كان DNA، أو الحمض النووي الريبي المنقوص الأكسيجين، ناقل المعلومات الوراثية داخل الكائنات الحية على الأرض. إن DNA هو أساس الحياة. لكن معرفتنا لهذه الجزيئة الأساسية أكثر حداثة. ففي العام 1953 فقط، توصل العلماء إلى كشف أسرار تركيبة DNA. لكن قصة DNA بدأت قبل 80 عاماً تقريباً من ذلك.

النظر داخل النواة

في العام 1869، كان طبيب سويسري، اسمه يوهان فريدريك ميسكر، يدرس خلايا الدم البيضاء المستخرجة من ضمادات مليئة بالقيح. وتوصل إلى عزل نوى هذه الخلايا. عندما حلل المواد الكيميائية الموجودة في النوى، اكتشف مادة جديدة أسماها النووين. وأطلق لاحقاً على هذه المادة الكيميائية اسم الحمض النووي الريبي المنقوص الأكسيجين أو باختصار DNA.

كان العلماء يعرفون قبلاً أن الجينات موجودة داخل النواة. هل يعني ذلك أنها مؤلفة من DNA؟ على رغم نتائج ميسكر، اعتقد عدد قليل من العلماء بصحة ذلك. وشعر معظم العلماء أن المادة الوراثية قد لا تكون موجودة في DNA وإنما في مواد اسمها البروتينات (راجع الصفحتين 30 و31). وفي العام 1944، أثبت العالم الكندي المولد أوسفالد أفيري أن - DNA وليس البروتينات - هي التي تنقل التعليمات الوراثية للخلايا.

▲ ثمة دليل مهم عن بنية DNA جاء من صور بالأشعة السينية المشتتة مثل هذه الصورة. يوحي النمط بأن DNA تتألف من سلسلتين طويلتين تلتفان حول بعضهما. يطلق على هذا الشكل الحلزوني اسم اللفة الحلزونية المزدوجة.

◀ لقد لعبت روزاليند فرانكلين دوراً مهماً في اكتشاف DNA. فقد وفرت صور الأشعة السينية المشتتة معلومات مهمة حول شكل جزيئة DNA، وقد استعملها واتسون وكريك لإنجاز ابتكارهما العظيم.

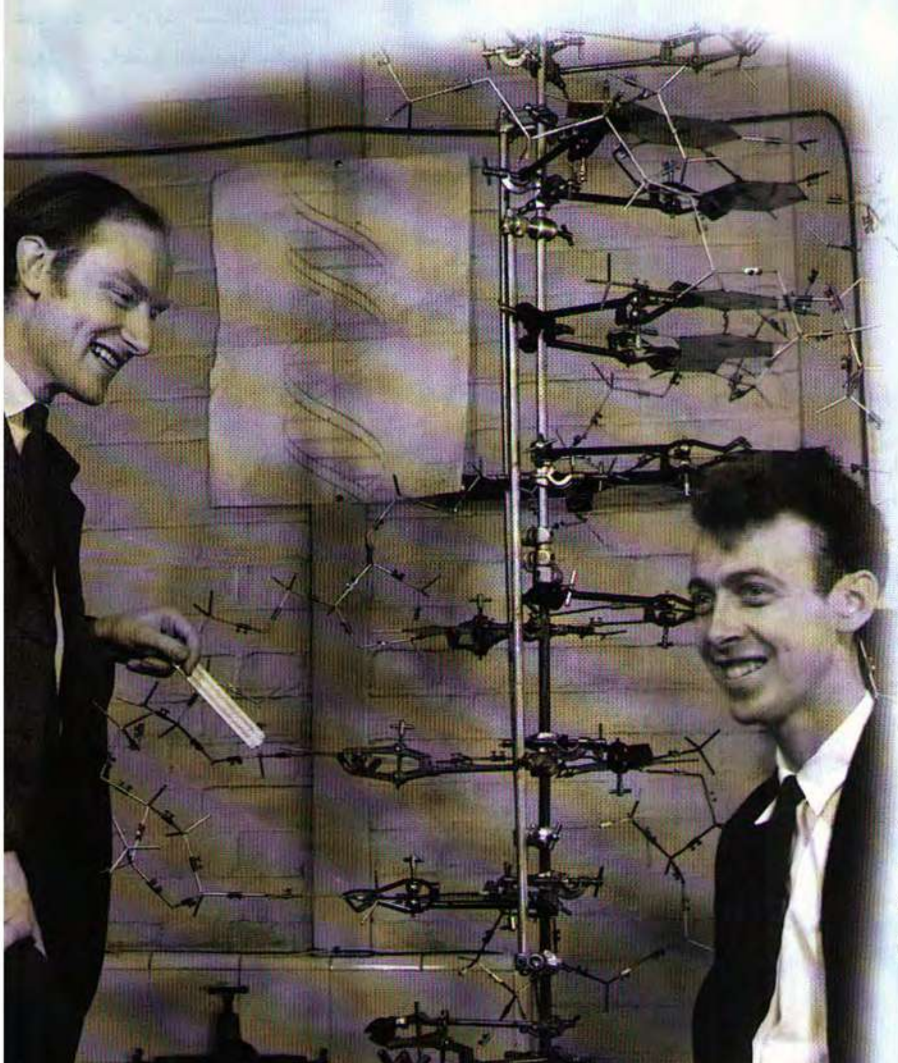
إنشاء نماذج

في غضون ذلك، في كامبريدج، إنكلترا، صمم عالم الأحياء الأميركي جايمس واتسون وعالم الفيزياء البريطاني فرانسيس كريك على اكتشاف أسرار DNA. وفي العام 1952، شرعا في إنشاء نماذج ثلاثية الأبعاد، في محاولة لتركيب المكونات التي يعرفان أنها الكتل المشيدة للـ DNA، وذلك بالنسب الصحيحة. وقد كافحا لمعرفة التركيبة الصحيحة إلى أن حالفهما الحظ في يناير 1953.

النجاح أخيراً

قام موريس ويلكينز، زميل روزاليند فرانكلين، بعرض الصور الفوتوغرافية للـ DNA الملتقطة بالأشعة السينية المشتتة الخاصة بفرانكلين - من دون معرفتها - أمام واتسون وكريك. وقد أدركا فوراً أن هذا هو الجزء الناقص من الأحجية الذي سيساعدهم في تحديد بنية جزيئة DNA. وفي 28 فبراير 1953، أنجز واتسون وكريك بنجاح نموذج DNA. وقد أعلنا عن ثقتهما في نجاحهما حين قال كريك للأصدقاء: «اكتشفنا السرّ». تشارك واتسون وكريك وويلكينز جائزة نوبل للطب عام 1962 كمكافأة على أعظم اكتشاف بيولوجي في القرن العشرين. ولسوء الحظ أن فرانكلين لم تشاركهم هذا الفخر لأنها توفيت قبل أربعة أعوام، عام 1958.

◄ إن DNA هي جزيئة طويلة جداً. وهي تبدو هنا في شكل خيوط طويلة ورفيعة.



◄ جايمس واتسون (إلى اليمين) وفرانسيس كريك (أقصى اليمين) يقفان أمام نموذج لجزيئة DNA. وقد نشرا اكتشافاتهما الثورية في 25 أبريل 1953.

على السكة

استمر السباق لاكتشاف كيفية عمل DNA. لفعل ذلك، احتاج العلماء إلى فهم تركيبتها. حققت العالمة البريطانية روزاليند فرانكلين، التي كانت تعمل في كينغ كوليج في لندن، خطوات مهمة في هذا المجال باستعمال تقنية اسمها علم البلورات بالأشعة السينية. فقد مررت فرانكلين الأشعة السينية - مثل تلك المستخدمة «لرؤية» العظام داخل الجسم - عبر بلورات DNA. كانت هذه الأشعة السينية تنحني، أو تتشتت، أثناء ارتدادها على الذرات داخل جزيئة DNA. وحين تنبثق الأشعة، يكشف نمط الأشعة السينية المنحنية، المتلقط على فيلم في شكل صورة فوتوغرافية اسمها نمط تشتيت الأشعة السينية، إن مكونات جزيئة DNA تنطبق مع بعضها في شكل حلزوني أو مروحي.

▼ تتألف الـ DNA من كتل اسمها النكليوتيدات. يتألف كل نكليوتيد من الديوكسيريبوز، مجموعة فوسفات وواحدة من أربع مجموعات اسمها الأدنين (A) والسيتوسين (C) والغوانين (G) والثيمين (T). تتصل ملايين النكليوتيدات لتكوين كل جزيئة DNA. وتؤلف مجموعتا الديوكسيريبوز والفوسفات "العمود الفقري" في الخارج.

◀ الكروموزومات موجودة في نواة الخلية. يتألف كل واحد منها من لفة حلزونية مزدوجة هي DNA، تلتف وتلتف مجدداً في شكل حلزوني فائق – شبيه قليلاً بسلك الهاتف – يتماسك بواسطة البروتينات.

▲ القواعد – A وC وG وT – تثبت الخيوط مع بعضها مثل درجات السلم. لاحظ أن القواعد تؤلف دوماً أزواجاً محددة – ولا يستطيع كل واحد منها إلا التطابق مع الشريك نفسه. فالقاعدة A تتطابق دوماً مع T فيما القاعدة C تتطابق دوماً مع G.

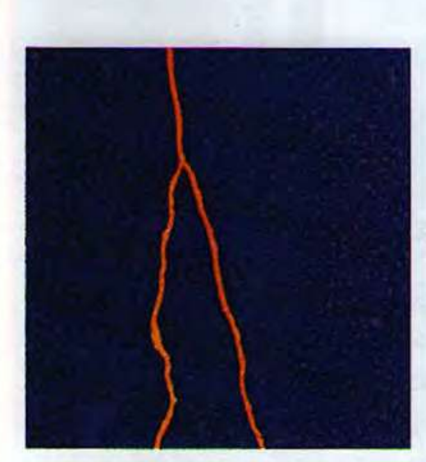
▲ هذه الخلية "النموذجية" (أنظر الصفحتين 12 – 13) التي تحتوي على نواة مركزية، محاطة بشبكة هيولى الباطنية الشبيهة بالهلام يحدها غشاء خلية رقيق، تخضع لسيطرة DNA الموجود في نواتها.

اللفة الحلزونية المزدوجة

تحتوي خلايانا على مجموعة تعليمات التشغيل في شكل حمض نووي ريبي منقوص الأكسيجين، أو DNA. تمتلك الـ DNA دوماً التركيبة الأساسية نفسها – خيطين طويلين يلتفان حول بعضهما البعض لتكوين لفة حلزونية مزدوجة. تحتوي الـ DNA على التعليمات المرمزة، واسمها الجينات، اللازمة لتكوين الخلايا وتشغيلها. والأهم من ذلك أنها تستطيع نسخ نفسها، ما يضمن انتقال التعليمات بدقة عند انقسام الخلايا.

تركيبة DNA

يحتوي الـ 46 كروموزوماً داخل نواة كل خلية جسم بشرية على مترين من الـ DNA في الإجمال. وتتألف كل لفة حلزونية مزدوجة، طويلة ورفيعة للـ DNA من كتل اسمها النكليوتيد. ويتألف كل نكليوتيد من سكر اسمه الديوكسيريبوز، ومكوّن آخر اسمه مجموعة فوسفات، وواحد من أربعة «أحرف» أو قواعد. تتصل ملايين النكليوتيدات مع بعضها البعض لتكوين كل جزيئة DNA. وتبدو الجزيئة مثل السلم الملتف فيما القواعد تعمل مثل «الدرج».



▲ هذه الصورة الإلكترونية المجهرية تظهر، بعد تكبيرها كثيراً، جزيئة DNA قيد عملية النسخ – إذ تنفصل وتنسخ نفسها. وتتألف كل لفة حلزونية مزدوجة للـ DNA من خيط قديم وآخر جديد.



توليد نسخ

DNA هي الجزيئة الوحيدة الموجودة في الكائنات الحية التي تستطيع التضاعف، أو توليد نسخة مطابقة عنها. ويحدث ذلك مباشرة قبل انقسام الخلية بفعل الانقسام الفتيلي (راجع الصفحتين 12 – 13). وهذا يعني أن الخليتين الجديدتين اللتين تنجمان عن انقسام الخلية تتلقيان مجموعات مزدوجة من جينات متشابهة. ينفصل بعدها خيطا اللفة الحلزونية المزدوجة للـ DNA، تماماً مثلما يفتح السحاب.

التطابق

تعمل كل قطعة منفصلة من الـ DNA مثل قالب. تصطف النكليوتيدات الحرّة غير المرتبطة في الخلية – والتي تحتوي على واحدة من أربع قواعد هي A أو C أو G أو T – في الجهة المقابلة لقواعدها الشريكة في القالب. هكذا، يصطف النكليوتيد الذي يحتوي على A مع T في القالب، فيما يصطف النكليوتيد الذي يحتوي علىC مع G. تتصل القواعد بكل خيط قالب ويتكون «عمود فقري» جديد ويبدأ الخطان التوأمان بالالتفاف. تستمر عملية الفصل والنسخ على طول DNA إلى حين إنتاج خيطين جديدين ومتطابقين من الحامض النووي الريبي المنقوص الأكسيجين DNA.

رسالة مرمزة

كما تلاحظ، فإن القواعد الموجودة في كل درجة DNA لا تحدث في ترتيب منتظم. إنها تكون كلمة من أربعة أحرف تشير إلى التعليمات المرمزة، تماماً مثلما يشير الـ 26 حرفاً في الأبجدية اللاتينية إلى كلمات. والكلمات المكتوبة بالرمز الوراثي تتألف من ثلاثة حروف في صف، مثل ATG أو GGC، ويطلق عليها اسم رامزات (الوحدات الأساسية للرموز الوراثية). وفي الإجمال، هناك 64 رامزة مختلفة. يؤلف تسلسل الرامزات جينة، تماماً مثلما يؤلف تسلسل الكلمات فقرة. وتؤلف آلاف الجينات الكتاب الكامل للتعليمات. سنلقي نظرة في الصفحة التالية كيف تجعل التعليمات المرمزة الموجودة في الجينات الخلية تعمل.

◀ فيما "ينفك" قالب DNA، تصطف النكليوتيدات الحرة مع قواعدها الشريكة وتتصل بالقالب وتبدأ بتكوين خيط جديد ومتطابق من DNA.

◀ النسخ هنا جارٍ ويتكون خيطان متطابقان من DNA جنباً إلى جنب.

DNA قيد العمل

لاحظنا في الصفحات السابقة كيف أن الجينات، التي تحدد خصائصنا وتنقلها من جيل إلى آخر، تتألف من DNA. والآن، نصل إلى اللحظة المثيرة حين نستطيع الاطلاع على كيفية عمل الجينات فعلاً. تتواجد DNA في الجينات وتتحكم في إنتاج مواد اسمها البروتينات. وتؤلف هذه البروتينات بدورها أجسامنا وتُشغّل خلايانا. والآلية التي تستخدم بواسطتها الرسالة المرمزة للـ DNA لإنتاج البروتينات موجودة في خلايا كل الكائنات الحية.

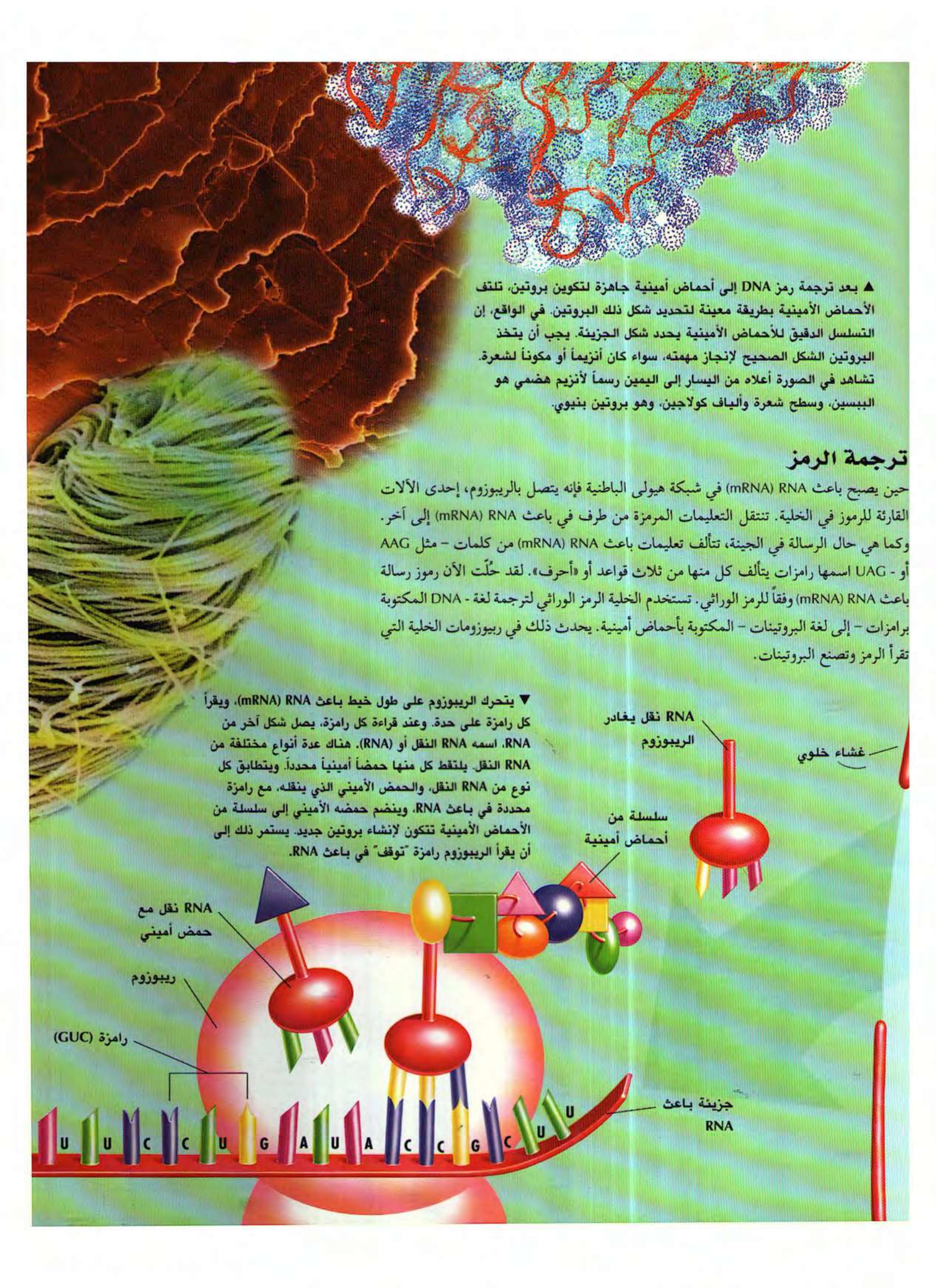
ما هي البروتينات؟

إن كل شيء تقريباً في جسمك يتألف أو يصنع من مواد كيميائية اسمها البروتينات. هناك بعض البروتينات التي تجعل الخلايا تعمل. فالأنزيمات، مثلاً، تسرّع التفاعلات الكيميائية داخل الخلايا التي تنتج الأشياء أو تطلق الطاقة التي تحتاج إليها الخلايا لكي تبقى حية. وثمة بروتينات أخرى تؤلف بنيات مثل الشعر، والجلد، والعضلات. تتألف البروتينات من كتل اسمها الأحماض الأمينية. هناك 20 نوعاً مختلفاً من الأحماض الأمينية. يتألف كل نوع بروتين من مجموعته الخاصة من الأحماض الأمينية، التي تتحد معاً في سلسلة وفق ترتيب معين. يتحدد هذا الترتيب وفق مجموعة من التعليمات المرمزة – جينة – المحفوظة في اللفة الحلزونية المزدوجة للحامض النووي الريبي المنقوص الأكسيجين DNA.

نسخ الرسالة

كما لاحظنا تتواجد الكروموزومات داخل نواة الخلية. تنتج البروتينات في شبكة هيولى الباطنية في الخلية، المادة الشبيهة قليلاً بالهلام التي تحيط بالنواة. كيف تصل إذاً التعليمات الموجودة داخل الجينة إلى المكان الذي تنتج فيه البروتينات؟ إن جزيئات DNA كبيرة جداً للدخول عبر المسام (الثقوب) في الغشاء النووي. وما يحدث هو أن القسم القصير من DNA الذي يحتوي على جينة محددة يُنسخ في شكل قريب جداً من DNA هو RNA (الحمض النووي الريبي). يمتلك RNA خيطاً واحداً فقط، وليس اثنين مثل DNA. وهو يحتوي على «الأحرف» الثلاثة نفسها الموجودة في - DNA أدنين (A)، وسيتوسين (C) وغوانين (G)، لكن حرفه الرابع ليس الثيمين (T) وإنما الأوراسيل (U). تظهر الصورة إلى اليسار كيف يحدث النسخ، المعروف بالانتساخ الجيني.

◀ عند نسخ جينة، ينفك أولاً قسم DNA المحتوي على تلك الجينة، تماماً مثلما يفعل خلال التضاعف (راجع الصفحتين 28 – 29). تصطف بعدها نكليوتيدات RNA الحرة مع القسم المفكوك وتتزاوج مع قواعد مطابقة في إحدى درجات DNA. تتصل هذه الدرجات لتأليف خيط RNA اسمه باعث RNA أو mRNA. وبعد نسخ الرسالة الموجودة في الجينة، تسافر جزيئة باعث mRNA عبر فتحة في الغشاء الخلوي وصولاً إلى شبكة هيولة الباطنية، لتصبح مستعدة للمرحلة التالية من العملية.



▲ بعد ترجمة رمز DNA إلى أحماض أمينية جاهزة لتكوين بروتين، تلتف الأحماض الأمينية بطريقة معينة لتحديد شكل ذلك البروتين. في الواقع، إن التسلسل الدقيق للأحماض الأمينية يحدد شكل الجزيئة. يجب أن يتخذ البروتين الشكل الصحيح لإنجاز مهمته، سواء كان أنزيماً أو مكوناً لشعرة. تشاهد في الصورة أعلاه من اليسار إلى اليمين رسماً لأنزيم هضمي هو الببسين، وسطح شعرة وألياف كولاجين، وهو بروتين بنيوي.

ترجمة الرمز

حين يصبح باعث RNA (mRNA) في شبكة هيولى الباطنية فإنه يتصل بالريبوزوم، إحدى الآلات القارئة للرموز في الخلية. تنتقل التعليمات المرمزة من طرف في باعث RNA (mRNA) إلى آخر. وكما هي حال الرسالة في الجينة، تتألف تعليمات باعث RNA (mRNA) من كلمات – مثل AAG أو - UAG اسمها رامزات يتألف كل منها من ثلاث قواعد أو «أحرف». لقد حلّت الآن رموز رسالة باعث RNA (mRNA) وفقاً للرمز الوراثي. تستخدم الخلية الرمز الوراثي لترجمة لغة - DNA المكتوبة برامزات – إلى لغة البروتينات – المكتوبة بأحماض أمينية. يحدث ذلك في ريبوزومات الخلية التي تقرأ الرمز وتصنع البروتينات.

▼ يتحرك الريبوزوم على طول خيط باعث RNA (mRNA)، ويقرأ كل رامزة على حدة. وعند قراءة كل رامزة، يصل شكل آخر من RNA، اسمه RNA النقل أو (RNA). هناك عدة أنواع مختلفة من RNA النقل. يلتقط كل منها حمضاً أمينياً محدداً. ويتطابق كل نوع من RNA النقل، والحمض الأميني الذي ينقله، مع رامزة محددة في باعث RNA، وينضم حمضه الأميني إلى سلسلة من الأحماض الأمينية تتكون لإنشاء بروتين جديد. يستمر ذلك إلى أن يقرأ الريبوزوم رامزة "توقف" في باعث RNA.

تغيير الرسالة

تحمل DNA مجموعة التعليمات التي تتحكم بالخلية. لكن تحدث أحياناً تغييرات بسيطة جداً، اسمها تحولات، في تلك التعليمات. قد تنجم التحولات عن خطأ في النسخ أو عن عوامل خارجية مثل الأشعة. وعند تغيير التعليمات المرمزة في DNA، قد تعدل التحولات البروتينات المنتجة وفق هذه التعليمات. قد يسبب ذلك تأثيراً مؤذياً، أو لا تأثير على الإطلاق أو تأثيراً مفيداً. دعنا نلقي نظرة على بعض الأمثلة عن تأثير هذه التحولات ونرى من ثم لماذا حصلت.



داء الكريات المنجلية (Sickle cell)

يحتوي دمنا على مليارات خلايا الدم الحمراء. وهي موضبة في بروتين الهيموغلوبين الذي ينقل الأكسيجين إلى كل خلايا جسمنا. لذا، فإن تحولاً في الجينة التي تنتج الهيموغلوبين يُغيّر إحدى الكتل المشيدة لأحماضها الأمينية. يعدّل هذا التغيير الصغير شكل جزيئات الهيموغلوبين. وقد يُغيّر ذلك بدوره شكل خلية الدم الحمراء بحيث تصبح منجلية الشكل (منحنية). يمكن للخلايا المنجلية أن تسدّ الأوعية الدموية، مما يسبب تشنجات في العضلات وضيقاً في النفس. وإذا كان شريك واحد في زوج أليلتين شاذاً، يكون التأثير ضئيلاً في خلايا الدم. لكن إذا شذت الأليلتين، يكون داء الكريات المنجلية أكثر خطورة.

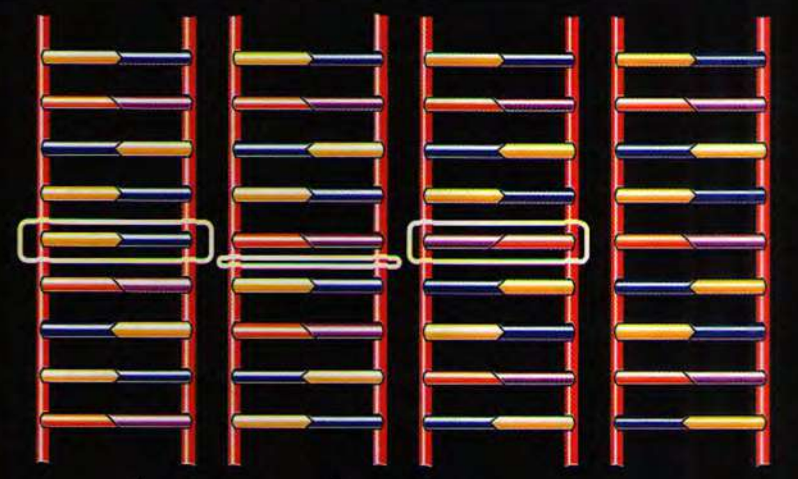
▲ دم مأخوذ من شخص غير مصاب بداء الكريات المنجلية يحتوي فقط على خلايا دم حمراء طبيعية دائرية الشكل (في الأعلى). دم مأخوذ من شخص مصاب بالمشكلة (مباشرة فوق) يحتوي على خلايا طبيعية وخلايا دم حمراء مختلفة المظهر لها شكل منجلي.

مشاكل التخثر

ثمة مشكلة أخرى تصيب الدم وتنطوي أيضاً على تحول في الجينات. إذا جرحنا أنفسنا، تؤدي المواد الكيميائية في الدم إلى تخثره بحيث يتوقف النزيف. لكن في بعض الأحيان النادرة جداً، يحدث تحول يولد شكلاً ناقصاً من مادة تخثر كيميائية اسمها عامل VIII. يسبب ذلك مرضاً اسمه الناعور (الاستعداد للنزف). والشخص المصاب بالناعور يستمر بالنزف عند تعرضه لجرح وقد يموت في النهاية. إلا أنه يمكن اليوم معالجة الناعور لحسن الحظ باستعمال حقن من عامل VIII. تنتقل أليلة الناعور المتحولة في كروموزوم X (راجع الصفحتين 18 - 19)، ولذلك يصاب الذكور عادة بالناعور.

وراثة ملكية

ثمة مثل شهير على الناعور حدث في العائلات الملكية في أوروبا. فالملكة فيكتوريا في بريطانيا، رغم أنها لم تعاني شخصياً من المرض، كانت تنقل أليلة الناعور التي سببها تحول في الكروموزوم X في مني والدها أو بويضة أمها. ورثت أليس ابنة فيكتوريا الأليلة المتحولة ونقلتها إلى ابنتها ألكسندرا التي تزوجت القيصر نيكولاس الثاني من روسيا. وورث ابنهما ألكسيس الأليلة وعانى من الناعور. طلب أهل ألكسيس المساعدة من رجل دين اسمه راسبوتين الذي خفف الأعراض المؤلمة عند ألكسيس. ونظراً لأهميته بالنسبة إلى إبن القيصر، أثر راسبوتين كثيراً في العائلة المالكة ودفعها إلى اتخاذ بعض القرارات السيئة. تم إعدام القيصر وعائلته عام 1918 بعد الثورة الروسية (راجع الصفحتين 42 – 43).



▲ إلى اليمين هناك خيط "طبيعي" من DNA. أما الخيوط الثلاثة الأخرى فتكشف عن تحولات مختلفة كما هو مبين. في الخيط الثاني، حدث استبدال وتغير زوج قاعدة. في الخيط الثالث، حدث حذف وحذف زوج قاعدة. في الخيط الرابع، حدث إدخال بحيث أصبح هناك زوج قاعدة إضافي في التسلسل. يمكن أن تسبب هذه التحولات تغييرات في تسلسلات الأحماض الأمينية.

سوء فهم

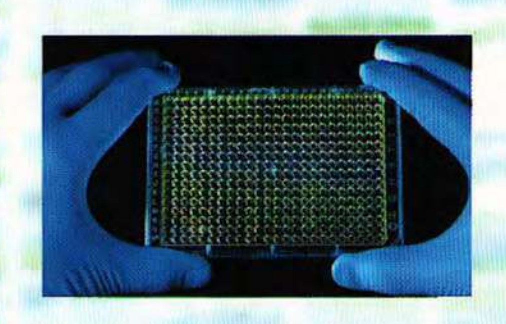
هناك عدة طرق تُغيّر خلالها التحولات الرسالة الوراثية. يظهر الرسم المبين أعلاه كيفية عمل هذه التحولات لكننا نستطيع أيضاً إظهار ذلك من خلال تخيل ما تفعله التغييرات نفسها في معنى رسالة مكتوبة بالإنكليزية. فالتحول الأكثر شيوعاً ينجم عن استبدال يتغير خلاله «حرف» واحد أو قاعدة في DNA. فعلى سبيل المثال، تتغير العبارة الإنكليزية THE CAT SAT ON THE MAT لتصبح - THE CAR SAT ON THE MAT ولها معنى مختلف تماماً. وفي بعض الأحيان، تختفي قاعدة أو تحذف. هكذا، تتحول عبارة ASK FRIEND TO COLLECT CAT إلى ASK FIEND TO COLLECT CAT. أو قد تدخل قاعدة. هكذا، تتحول عبارة PLEASE PUT THE CAT OUT إلى PLEASE PUT THE CART OUT وفي حالة الاستبدال، وهو التحول الأكثر شيوعاً، تتغير رامزة DNA، وإذا كانت ترمّز حمضاً أمينياً، قد يتغير هذا الحمض أيضاً. وفي حالات الحذف والإدخال، تتعدل الرامزات المجاورة وقد يمنع ذلك جينة من إنتاج بروتين أصلاً.

► نشاهد هنا العائلة المالكة الروسية – القيصر نيكولاس الثاني وزوجته وبناته الأربع وابنه ألكسيس (الثاني من اليمين) الذي عانى من الناعور. راسبوتين (في الصورة العليا) كان راهباً له تأثير كبير في العائلة أثناء معالجته ابن القيصر. ويقول البعض إنه لولا مرض الناعور عند ألكسيس – والتأثير السيئ لراسبوتين – لما حدثت أبداً الثورة الروسية.

مشروع الجينوم البشري

في أبريل 1953، توصل جايمس واتسون وفرانسيس كريك إلى تركيبة DNA. وبعد خمسين عاماً، في أبريل 2003، نجح العلماء العاملون على مشروع الجينوم البشري في قراءة تعاقب القواعد في DNA الخلايا البشرية. واكتشفوا تسلسل «الأحرف» – A وC وG و- T التي تؤلف الرسائل المرمزة للجينات. تتحكم هذه الرسائل المرمزة بدورها في تركيبة أجسامنا وكيفية عملها، وتستطيع تحديد ما إذا كنا نعاني من أمراض معينة.

▼ تم التقاط الصورة الفوتوغرافية أدناه في مركز سانغر في كامبريدج، إنكلترا، أحد 16 مركزاً للأبحاث اشترك في مشروع الجينوم البشري. يحمل الباحث صينية فيها 384 "بئراً" بالغ الصغر. ويحتوي كل بئر على قطعة مختلفة من DNA بشري منسوخ، جاهزة للتعاقب.



ما هو الجينوم البشري؟

كما لاحظنا، فإن DNA في خلية بشرية موجود ضمن مجموعتين من 22 كروموزوماً عادياً وكروموزومين جنسيين – XX أو XY. والجينوم البشري هو كل DNA في مجموعة كاملة من الكروموزومات 1 إلى 22، إضافة إلى الكروموزومين الجنسيين، ما يجعلها 24 كروموزوماً في الإجمال. والهدف من مشروع الجينوم البشري هو التعرف أولاً على التعاقب الصحيح للقواعد A وC وG وT في جزيئات DNA التي تؤلف الجينوم، وثانياً إعداد خريطة كاملة للجينوم تظهر أين توجد الجينات.

الخطوات الأولى

مهمة سهلة؟ لا. فجينوم خلية بشرية واحدة طوله متر كامل ويتألف من ملايين أزواج القواعد (A تتزاوج مع T وG مع C). لهذا السبب، احتاج مشروع الجينوم البشري، الذي بدأ عام 1990، إلى الجهود المشتركة لآلاف العلماء في 16 مركزاً للأبحاث في ست دول. انطوت المراحل الأولى على إعداد «خرائط» لكروموزومات لتحديد موقع جينات معينة. وفي وقت لاحق، ساعدت هذه الخرائط العلماء على تركيب الرسالة (سلسلة القواعد) لجينة محددة. لكن الجزء الأساسي من مشروع الجينوم البشري كان تحديد تسلسل DNA.

تسلسل DNA

إن جزيئات DNA طويلة جداً ورفيعة. ولكي يتمكن العلماء من معرفة التسلسل الدقيق للقواعد التي تؤلف رسائلها، عليهم تقطيع DNA إلى قطع أصغر ذات أحجام مختلفة. يتم بعدها ترتيب هذه القطع من DNA بالتسلسل تلقائياً، ويتولى كمبيوتر «قراءة» تسلسلات القواعد. يبحث الكمبيوتر عن الأنماط ويُركّب قطع أحجية DNA مع بعضها البعض مجدداً. في البداية، كانت هذه العملية بطيئة. لكن مع تقدم المشروع – وتوافر آلات جديدة وكمبيوترات قوية – أصبحت العملية أسرع. واليوم، يمكن ترتيب التسلسل لنحو 1000 زوج قاعدة في كل ثانية.

◄ نشاهد هنا تحت المجهر الدودة الدائرية Caenorhabditis elegans البالغ طولها مليمتر واحد فقط. والعلماء المشتركون في مشروع الجينوم البشري حددوا تسلسل جينومها (97 مليون زوج قاعدة) وجينومات كائنات أخرى بسيطة لمساعدتهم في فهم الجينوم البشري الأكبر حجماً.



يستخدم باحث في مشروع الجينوم البشري أنبوباً متعدد القنوات. إنها سلسلة من القطارات المرتبة في صف تضيف قطرات بالغة الصغر محتوية على DNA إلى فتحات في صينية جاهزة لعملية التسلسل.

▲ إن المرحلة الأخيرة في عملية تحديد التسلسل تشمل ورقة مطبوعة بالكمبيوتر مثل هذه المبينة أعلاه. إنها تظهر تسلسل القواعد، أو "الأحرف"، في قطعة DNA. وعند جمع المعلومات حول كل هذه القطع، يستطيع العلماء "قراءة" كل الجينوم.

▼ يحتوي كل واحد من الأنابيب المزودة بلصيقة، والمحفوظة في براد مختبر، على قسم معين من DNA بشري. وهي تشكل معاً جينوماً بشرياً كاملاً. يطلق على مثل هذا المخزن اسم مكتبة DNA.

ماذا اكتشف مشروع الجينوم البشري؟

في يونيو 2000، تم نشر مسودّة للجينوم البشري، وتلتها نسخة أكثر شمولاً عام 2003. وتبين أن الجينوم البشري يحتوي على 3200 مليون زوج قاعدة، وبين 30 و40 ألف جينة، أي أقل بكثير من المئة ألف جينة المتوقعة. واللافت أن الجينات تشكل فقط 3 في المئة من الـ DNA. أما الباقي – المعروفة بـ «حثالة» - DNA فلا ترمّز البروتينات أو تتحكم في الجينات الأخرى. إنها تعمل بمثابة سجل لما حدث خلال النشوء البشري، بما في ذلك اجتياح الجراثيم والفيروسات.

اختلافات صغيرة وتطورات مستقبلية

أظهر مشروع الجينوم البشري أيضاً أن التسلسلات الأساسية لأي جينومين متشابهة بنسبة 99,9 في المئة. لهذا السبب، نبدو جميعاً متشابهين. لكن 0,1 في المئة من الـ 3,2 مليار قاعدة (أي قاعدة واحدة من كل ألف تقريباً) مختلف. فعلى سبيل المثال، ...ATTACG-...GT في جينوم شخص ما قد تكون ...ATTC-...CGGT في القسم نفسه عند شخص آخر. إنها تغييرات قاعدة أحادية وتحدث أساساً في «حثالة» الـ DNA. لكن التغييرات التي تحدث في الجينات هي التي تجعلنا أفراداً، بما في ذلك معاناتنا الآن، أو ربما مستقبلاً، من بعض الأمراض. لذا، فإن فهم كيفية تأثير جينومنا في صحتنا هو أمر بالغ الأهمية في السنوات المقبلة. وهكذا هو فهم تسلسل الجينات الفردية، والبروتينات التي تنتجها هذه الجينات، وكيفية عملها داخل خلية.

خلاصة الفصل الثاني: الحمض النووي الريبي منقوص الأكسيجين :DNA جزيئة الحياة

السرّ في DNA

لقد عرف منذ بضع سنوات أن DNA هي الجزيئة التي تتألف منها الجينات، حين قام عالمان شابان، هما جايمس واتسون وفرانسيس كريك، باكتشاف تركيبتها. ففي العام 1953، بنيا نموذجاً يظهر أن كل جزيئة DNA تتألف من سلسلتين طويلتين تلتفان حول بعضهما البعض في شكل سلم ملتف – أو ما يعرف باللفة الحلزونية المزدوجة.

وأكد علماء آخرون سريعاً أنهما، مثلما قال كريك، اكتشفا السرّ. بالفعل، تحمل DNA التعليمات اللازمة لتكوين وتشغيل كائن بشري كامل، أو أي كائن حيّ آخر. لقد رأينا في الفصل الثاني كيف تفعل DNA ذلك من خلال التعرف إلى تركيبتها. وسلسلة القواعد – A وC وG و T – الممتدة على طول قسم من - DNA أو جينة – تنقل التعليمات اللازمة لتكوين بروتين. وبإنشاء البروتينات، التي تكوّن الخلايا وتشغلها، تتحكم DNA في خصائص الكائن الحيّ.

خلايا دم حمراء – واحدة من مئات أنواع الخلايا المختلفة الموجودة في الجسم البشري.

قراءة التسلسل

تتمتع DNA بقدرة فريدة على نسخ نفسها. وهذا يعني أنه حين تنقسم الخلايا، تحتوي كل خلية وليدة جديدة على مجموعة كاملة من التعليمات الوراثية. وفي معظم الأوقات، يضمن النسخ انتقال التعليمات تماماً عند انقسام الخلايا أو عند حدوث نسخ. لكن النسخ ليس دوماً مثالياً، وقد تحدث أخطاء تعرف بالتحولات. تكون معظم هذه التحولات غير مؤذية، لكن بعضها قد يسبب الأمراض وقد ينتقل إلى الجيل التالي.

وكان البحث عن التحولات، التي تسبب الاختلافات بين الأشخاص، أحد أهداف مشروع الجينوم البشري. وقد استخدم هذا المشروع الضخم أحدث التكنولوجيا لقراءة تسلسل القواعد في DNA في مجموعة من الكروموزومات البشرية – الجينوم البشري.

إن الفرق الناجم عن الاختلافات في DNA بين كائن حي وآخر يؤثر في العديد من الأمور المتعلقة بحياتهم، بما في ذلك فرص عيشهم. وعلى مرّ ملايين السنين، أتاحت هذه الاختلافات للكائنات الحية التغيير تدريجياً، أو النشوء.

للمزيد من المعلومات...



تعرف إلى رمز الحياة وقم برحلة في DNA واعرف المزيد من المعلومات في الموقع:
www.pbs.org/wgbh/nova/genome

إحصل على كل المعلومات حول مشروع الجينوم البشري في الموقع: www.yourgenome.org

إخضع لاختبار عبر الشبكة حول الجينات والنشوء في الموقع:
www.vilenski.org/science/notebook/unit2/index.html

إعرف المزيد من المعلومات حول DNA في الموقع:
www.eurekascience.com/ICanDoThat/index.htm

عالم الكيمياء الحيوية:

يدرس طريقة تفاعل المواد الكيميائية داخل الكائنات الحية.

عالم أحياء جزيئي:

يستخدم التكنولوجيا المعاصرة لدراسة المواد الكيميائية المعقدة، مثل DNA، الموجودة في الكائنات الحية.

عالم معلوماتي أحيائي:

يجمع علم الأحياء مع الرياضيات وعلم الكمبيوتر لتحليل هيكلية الأنظمة البيولوجية، باستعمال معلومات من مشروع الجينوم البشري مثلاً.

عالم أحيائي نشوئي:

يدرس الكائنات الحية ويبحث في نشوئها والعلاقات بينها.



الفصل الثالث

التكنولوجيا الوراثية

يحدق فنيّ العلوم في بصمة DNA تعتبر أنماطها فريدة بشخص واحد. إنها واحدة من التقنيات والتطورات العديدة التي أصبحت ممكنة بفضل التكنولوجيا الوراثية، التي تستعمل فهمنا للـ DNA لتحسين صحتنا ورفاهتنا الإجمالية. في الواقع، إن علم الجينات يمتلك عدة تطبيقات في الحياة اليومية. ونجد اليوم الهندسة الوراثية، وعلاج الجينات، والاستنساخ وتحديد سيمات الـ DNA. لكن ماذا عن المستقبل؟ هل سنعرف ما تخبئه لنا جيناتنا، في ما يتعلق بالأمراض؟ هل سنتمكن من انتقاء جينات معينة بهدف «تصميم» أولادنا؟ هل ستتيح لنا التكنولوجيا الوراثية فعلاً عيش حياة أفضل، أو هل ستولد مجموعة من المشاكل الجديدة؟

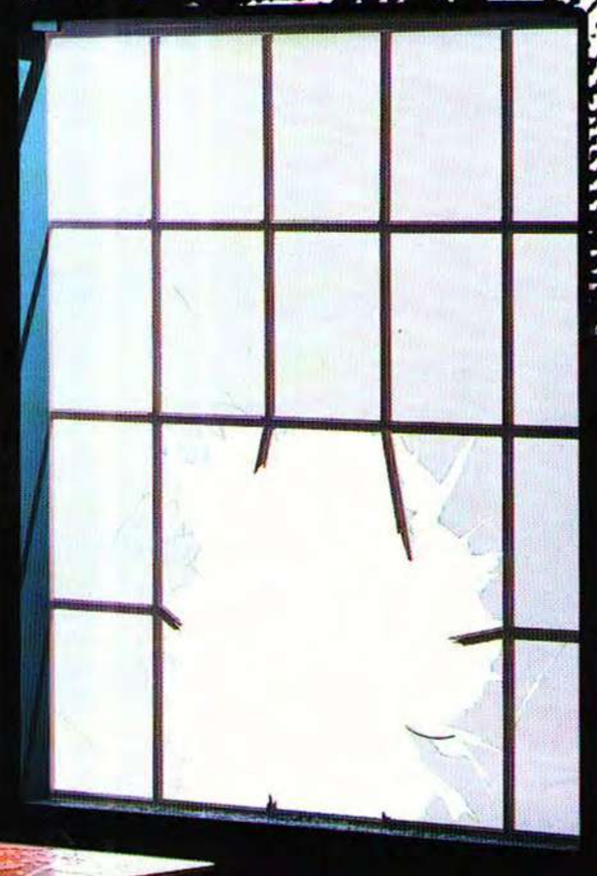
بصمات DNA

تتغطى أطراف أصابعنا بنتوءات بالغة الصغر تخلف وراءها أنماطاً معقدة - بصمات - حين نلمس الأشياء. إن بصمات الأصابع فريدة في كل شخص. تستطيع الشرطة استعمال البصمات الباقية في مسرح الجريمة للتعرف على المجرمين وإدانتهم. واليوم، يمتلك رجال التحري طريقة أكثر تعقيداً لكشف المجرمين من خلال التعرف إلى بصمات الـ DNA الخاصة بهم.

◄ هذه البصمة "العادية" مؤلفة من نمط فريد ناشئ عن ضلوع في أطراف الأصابع.

جمع الأدلة

إن الشخص الذي سرق هذا المكتب ظن نفسه ذكياً. فعندما وضع القفازات، لم يترك أية بصمات. لكن ضابطاً مدرباً اكتشف شيئاً مثيراً. حين غادر السارق المكتب، ارتطم رأسه بالنافذة المكسورة وعلقت فيها بعض الشعيرات. جمع الضابط هذه الشعيرات بعناية وأرسلها إلى المختبر الجنائي. هناء استخرج العلماء الـ DNA من الخلايا الموجودة في قاعدة الشعيرات لإعداد بصمة DNA تشير إلى واحد من ثلاثة أشخاص مشتبه بهم.



◄ نافذة مكسورة وأثاث مبعثر في المكتب وأشياء مسروقة. لقد غادر السارق مسرح الجريمة. لكن هل خلَف وراءه أي آثار يمكن استعمالها لمعرفة بصمات DNA؟

إعداد بصمة DNA

إن الثلاثة في المئة من الـ DNA المسؤولة عن تكوين أجسامنا (راجع الصفحتين 34 - 35) هي نفسها تقريباً لدينا جميعاً. لكن الـ 97 في المئة الباقية، أو ما يعرف بحثالة الـ DNA، تحتوي على أقسام تختلف كثيراً بين الأشخاص. تتألف هذه الأقسام من امتدادات رمز DNA تكرر نفسها بين 5 و1000 مرة، وهي موزعة عبر الجينوم. في الواقع، إن عدد التكرارات في كل واحد من هذه الأقسام، وبالتالي حجمها، يختلف كثيراً بين شخص وآخر. يستطيع العلماء تفكيك DNA شخص معين، والتعرف إلى الأقسام المتكررة، وفصلها من حيث الحجم، لتوليد صورة فوتوغرافية خاصة تبدو مثل شريط الرموز. هذه هي بصمة الـ DNA الفريدة بذلك الشخص.

دليل حاسم؟

إذاً، من سرق المكتب؟ ألقِ نظرة على الدليل المبين إلى اليمين وطابق بصمة الـ DNA المولدة من عينة الشعرة مع بصمات الـ DNA الخاصة بالمشبوهين. الدليل حاسم. إنه الرجل (أعلى صورة). أوليس كذلك؟ لا إذا كان لديه أخ توأم له جينوم مماثل. وإلا، هناك احتمال ضئيل جداً أن يمتلك شخص آخر بصمة الـ DNA نفسها. هكذا، حلّت بصمة الـ DNA العديد من الجرائم الحقيقية، ما أفضى إلى إدانة المجرمين وإثبات براءة أشخاص كانوا متهمين خطأ.



◄ تم توقيف المشتبه بهم التاليين وقام جراح تابع للشرطة بأخذ عينات دم من كل واحد منهم. استخدم العلماء الجنائيون خلايا الدم لتوليد بصمات DNA. هنا، تظهر كل بصمة DNA بالقرب من الشخص المشتبه به الذي تنتمي إليه، مع بصمة من الشعرة الموجودة في مسرح الجريمة بالقرب من كل منها بهدف المقارنة.

▼ توفر الشعرة الدليل الأساسي في هذه الجريمة. فالخلايا المأخوذة من جذور الشعر تستخدم لإعداد بصمة DNA يمكن مقارنتها مع الـ DNA الخاص بالمشتبه بهم.

▼ العلماء الجنائيون، الذين يفحصون هنا بصمات DNA، يتخصصون في فحص الأدلة الموجودة في مسرح الجريمة لمساعدة الشرطة في توقيف المجرمين وإدانتهم. وباستعمال التقنيات الحديثة، يستطيعون استخراج كمية كافية من الـ DNA لإعداد بصمة من مجرد قشرة بشرة صغيرة أو نقطة دم أو قطرة لعاب.

اقتفاء أثر الأسلاف

من أين نأتي؟ من كان أجدادنا قبل عشرات أو مئات أو حتى آلاف السنين. إن الأجوبة على هذه الأسئلة المذهلة تأتي من تكنولوجيا الـ DNA. إن الحمض النووي الريبي المنقوص الأكسيجين DNA خاصتنا يحمل أدلة على أسلافنا في القرون الماضية، ولذلك يستعمل العلماء الآن الاختلافات الصغيرة في DNA كل واحد منها لاقتفاء أثر أسلافه القدماء والجدد على حدٍّ سواء. وهم يستخدمون الـ DNA الموجودة في موقعين محددين في خلايانا - في الكروموزوم Y للذكور وفي المتقدرات.

تحري DNA

إن الـ DNA فريدة من حيث قدرتها على نسخ نفسها. لكن عملية النسخ ليست دوماً مثالية وقد يحدث في بعض عمليات النسخ بعض الأخطاء، أو التحولات. إذا كانت التحولات موروثة، يمكن كشفها. إذاً، هل تستطيع التحولات أن تكون بمثابة معالم تقتفي أثر أسلافنا؟ في الإجمال، لا، لأنه كلما توالد البشر، يحصل كل واحد من الأولاد على نصف DNA الخاصة به من أمه والنصف الآخر من أبيه (راجع الصفحتين 14 - 15). ومع الوقت، تضيع المعالم. لهذا السبب، تبرز فائدة الكروموزوم Y والمتقدرات الخيطية. لأن DNA الموجود فيها - بما في ذلك التحولات - تنتقل من جيل إلى آخر من دون أي تحول.

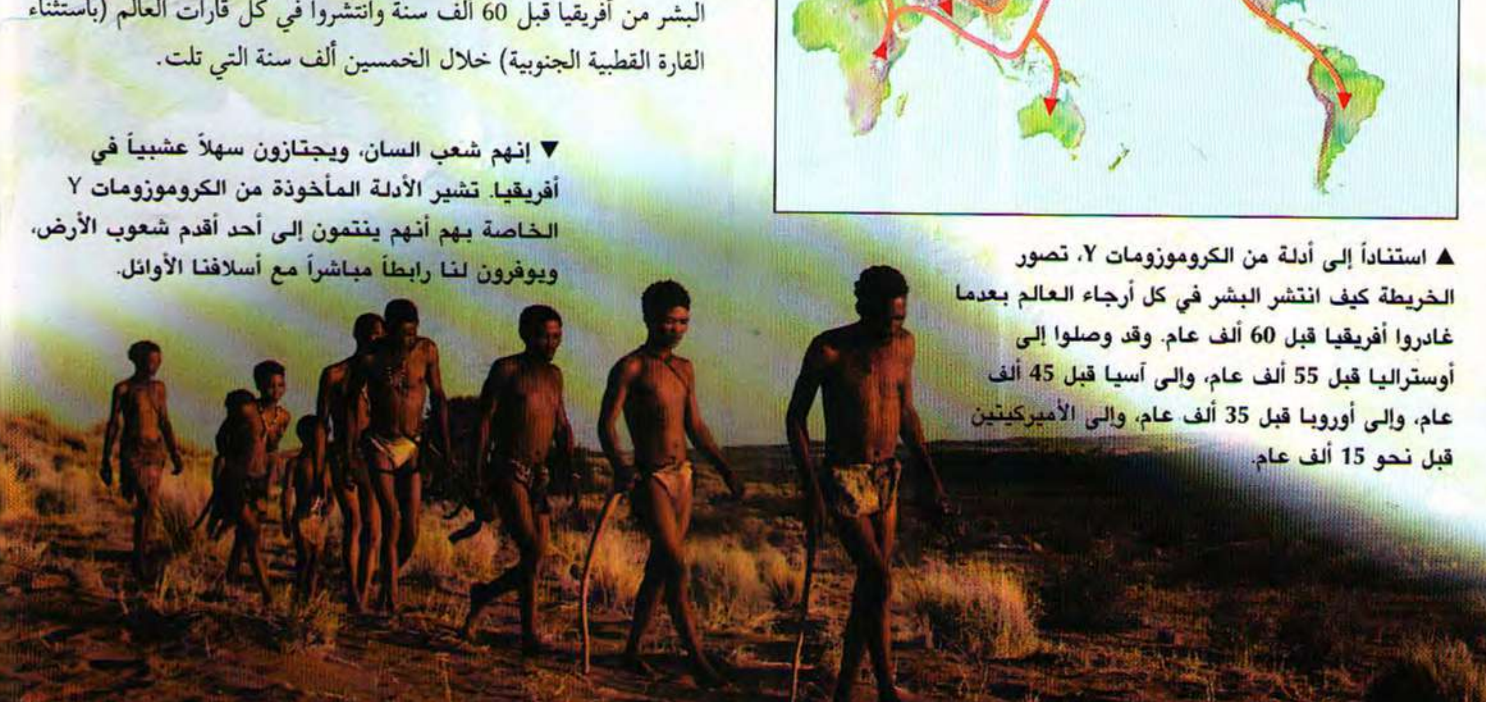
من الأب إلى الابن

إن الـ 23 زوجاً من الكروموزومات تشمل الكروموزومات الجنسية (راجع الصفحتين 18 - 19) - XX عند النساء وXY عند الرجال. حين تنقسم الخلايا في خصيتيّ الرجل لتوليد المني، فإن الـ 22 زوجاً من الكروموزومات العادية تبدل قليلاً الـ DNA في ما بينها قبل انفصالها. لكن الكروموزوم Y لا يبدل أي شيء من الـ DNA خاصته مع «شريكه»، أي الكروموزوم الجنسي X. هكذا، تنتقل الـ DNA في الكروموزوم Y من دون أي تغيير من الأب إلى الابن.

في مجاهل أفريقيا

تحتوي الكروموزومات Y على بعض التحولات، وتتراكم هذه التحولات مع الوقت. وقد قارن العلماء معالم في الكروموزومات Y التي تخص ذكوراً من كل أنحاء العالم لكي يتمكنوا من معرفة من أين أتى البشر في البداية. وعند مقارنة معالم الـ DNA الأكثر شيوعاً في العالم (الأقدم) مع المعالم الأقل شيوعاً (الأحدث)، تمكن العلماء من إنشاء شجرة النسب للذكور. ويوفر ذلك دليلاً لدعم النظرية القائلة إن البشر نشأوا أولاً في أفريقيا. وقد هاجر بعض البشر من أفريقيا قبل 60 ألف سنة وانتشروا في كل قارات العالم (باستثناء القارة القطبية الجنوبية) خلال الخمسين ألف سنة التي تلت.

▲ استناداً إلى أدلة من الكروموزومات Y، تصور الخريطة كيف انتشر البشر في كل أرجاء العالم بعدما غادروا أفريقيا قبل 60 ألف عام. وقد وصلوا إلى أوستراليا قبل 55 ألف عام، وإلى آسيا قبل 45 ألف عام، وإلى أوروبا قبل 35 ألف عام، وإلى الأميركيتين قبل نحو 15 ألف عام.



▼ إنهم شعب السان، ويجتازون سهلاً عشبياً في أفريقيا. تشير الأدلة المأخوذة من الكروموزومات Y الخاصة بهم أنهم ينتمون إلى أحد أقدم شعوب الأرض، ويوفرون لنا رابطاً مباشراً مع أسلافنا الأوائل.



▲ تظهر هذه الصورة المجهرية مشهداً مضخماً كثيراً لقسم مقصوص طولياً من متقدرة داخل خلية بشرية. والمتقدرات هي بنيات شبيهة بالنقانق تزود الخلية بالطاقة. كما تمتلك المتقدرات DNA خاصة بها، مستقلة عن تلك الموجودة داخل النواة.

▲ تدمرت الجدران بفعل إطلاق النار في هذه الغرفة الأرضية لمنزل في منطقة يكاترينبورغ، روسيا، حيث اغتيل القيصر نيكولاس الثاني وعائلته عام 1918. وتظهر الابنة أناستازيا "المفقودة" إلى اليمين.

الأمهات والمتقدرات

الحبيبات الخيطية هي معامل الطاقة في الخلايا. ولكل واحدة منها DNA خاصة بها، اسمها DNA المتقدرة أو mtDNA. إنها لا تتأثر بمقايضة الـ DNA وتنقل معالم تحولها من دون أي تغيير. تنتقل هذه المعالم عبر الأم، أي من الأم إلى الولد. والسبب في ذلك أنه حين يتحد مني ببويضة أثناء التخصيب، تحتوي البويضة فقط على المتقدرات. ويمكن أن تبقى DNA المتقدرات عدة سنوات بعد موت الشخص، ما يعني أنه يمكن استخراجها من البقايا البشرية – سواء كانوا ضحايا جرائم أو جثث مومياء قديمة – وفحصها.

حل لغز

ثمة حالة شهيرة تم فيها استخدام تكنولوجيا متقدرات DNA لاقتفاء أثر الأسلاف وهي في العائلة المالكة الروسية. فبعد الثورة الروسية عام 1917، تم اغتيال القيصر نيكولاس الثاني وعائلته. اختفت جثثهم. وحين تم اكتشاف البقايا عام 1991، تم استعمال تكنولوجيا متقدرات DNA لإثبات هويتهم، بمقارنة البقايا مع أشخاص أحياء من العائلة نفسها. فقد أخذ العلماء في إنكلترا عينة دم من الأمير فيليب، زوج الملكة إليزابيت الثانية القريب لجهة الأم من زوجة القيصر ألكسندرا (كانت شقيقة جدته). وتطابقت متقدرات الـ DNA لديه مع متقدرات DNA المأخوذة من تسع مجموعات عظام، ما أثبت أنها بقايا ألكسندرا. وأظهرت اختبارات إضافية أن ثلاثة هياكل عظمية تخص بنات ألكسندرا. كما حلّت الاختبارات لغزاً آخر. ففي العام 1920، ادعت امرأة اسمها آنا أندرسون أنها أناستازيا إبنة القيصر وقد نجت من الاغتيال. وقد صدقها العديد من الأشخاص، بما في ذلك بعض أقرباء العائلة المقتولة. لكن تحليل متقدرات DNA أثبت أنها لم تكن أناستازيا.

▲ قيل إن هذه البقايا من الهياكل العظمية، الموضوعة في مستودع للجثث في يكاترينبورغ، تخص القيصر نيكولاس الثاني وعائلته. وقد أثبت تحليل متقدرات DNA المأخوذة من العظام أن هذا صحيح. دفنت البقايا في كاتدرائية سان بيترسبورغ في 17 يوليو 1998، أي بعد 80 عاماً على الجريمة.



هندسة وراثية

طوال آلاف السنوات، عدّل الأشخاص الحيوانات والنباتات ببطء، بواسطة التوالد الانتقائي، لإنتاج الحيوانات الأليفة، وحيوانات المزارع، والمحاصيل التي يحتاجون إليها. أما اليوم فقد بات باستطاعة العلماء تغيير خصائص الكائن الحي بسرعة أكبر من خلال تعديل جيناته عبر عملية تعرف بالهندسة الوراثية. والهدف هو إنتاج كائنات معدلة وراثياً توفر طعاماً أفضل أو تفيد الصحة البشرية. لكن لا يجمع الكل على أن هذا أمر جيد.

▲ تم حفظ رؤوس البندورة هذه في الظروف نفسها. أصاب العفن اثنين منها، فيما بقيت الرؤوس الثلاثة الباقية من دون عفن بسبب إدخال جينة مقاومة للعفن إلى النبتة التي أنتجتها باستعمال الهندسة الوراثية.

جينات جديدة

الهندسة الوراثية تُعدّل الحمض النووي الريبي المنقوص الأكسيجين DNA الخاص بكائن ما. ويتم ذلك عادة بإدخال جينة جديدة من كائن آخر ينتمي إلى نوع مختلف تماماً. هذا أمر مستحيل طبيعياً لأن مختلف الأنواع لا تستطيع التوالد مع بعضها. لكن الهندسة الوراثية تجعل المستحيل ممكناً. كيف؟ أولاً، يعثر العلماء على كائن فيه الجينة «المفيدة» التي تنتج خاصية مطلوبة، ويستخدمون من ثم «المقص» الكيميائي لقطع تلك الجينة. وأخيراً، يدخلون هذه الجينة إلى DNA كائن آخر. وهم يدخلون الجينة في خلايا الكائن باستعمال ناقل فيروس أو جرثومة – مثل جينة قنديل البحر التي أدخلت إلى البويضات المخصبة التي أنتجت الفئران المضيئة (إلى اليمين) – أو يقحمونها باستعمال «مسدس» خاص أو حقنة.

▼ مزارع في جافا، إندونيسيا، يعتني بمحصول أرز في حقل. والأرز هو طعام أساسي بالنسبة إلى نصف شعوب العالم، بما في ذلك العديد من أفقر شعوب العالم التي تعتمد على هذا المحصول الأساسي للبقاء على قيد الحياة.

◄ الأرز هو محصول مهم جداً بحيث تم إنتاج العديد من الأشكال المعدلة وراثياً. هنا، يحمل عالم النباتات الدكتور غورديف خوش حبات من نبتة أرز تم تعديلها وراثياً لكي تكون مغذية أكثر من العادة.



◄ يستطيع السلمون المعدل وراثياً أن ينمو بسرعة مرتين أكثر مما يفعل السلمون "العادي". ويوفر السمك المعدل وراثياً مصدراً جيداً للبروتين، خصوصاً للأشخاص الذين يتناولون غذاء سيئاً.

كائنات معدلة وراثياً

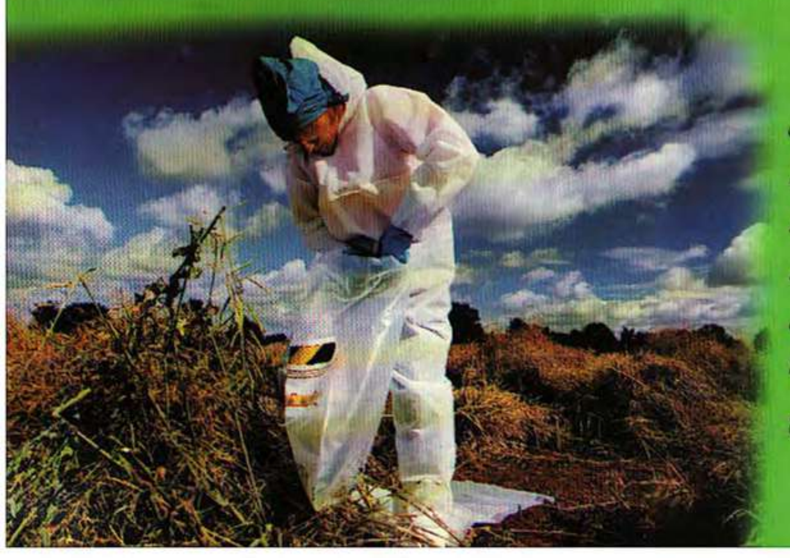
تخيل أخذ جينة من سمكة قطبية، تنتج بروتيناً «مضاداً للتجمد» تمنع دمها من التجمد، وإدخال هذه الجينة في نبتة فراولة لجعلها مقاومة للجليد. أو تخيل وضع جينة بشرية في بكتيريا لكي تنتج الأنسولين لمعالجة الأشخاص المصابين بداء السكر، وهو مرض ناجم عن نقص الأنسولين، وهو هرمون ينتجه الجسم طبيعياً للسيطرة على مستويات الغلوكوز (السكر) في الدم. ليس هذا علماً خرافياً. فالكائنات المعدلة وراثياً موجودة فعلاً، ويجري التخطيط للعديد منها. وهي تشمل الموز المعدل وراثياً الذي ينتج لقاحاً مضاداً للكوليرا، والنباتات المعدلة وراثياً التي تنتج البلاستيك. لكن العديد من الكائنات المعدلة وراثياً اليوم هي محاصيل طعام.

ذرة خالية من الحشرات وأرز ذهبي

فلنأخذ محصولين معدلين وراثياً. تتعرض الذرة ليسروع ثقابة الذرة. اكتشف العلماء أن جرثومة اسمها Bacillus thuringiensis (Bt) تنتج سموماً تقتل حشرات مثل ثقابة الذرة. هكذا، أخذوا الجينات التي تنتج السموم وأدخلوها في الذرة لإنتاج ذرة فيها مبيدها الخاص لحشرتها. ولا حاجة بالتالي لرش النباتات بمبيدات الحشرات الباهظة والملوثة. أما الأرز فهو طعام أساسي بالنسبة إلى مليارات الأشخاص، لكنه يفتقد إلى الفيتامين A المغذي. هكذا، أخذ العلماء جينة النرجس البري التي تنتج البيتا كاروتين - والتي يحولها الجسم البشري إلى فيتامين A - وأدخلوها إلى نباتات الأرز. وكانت النتيجة أرزاً ذهبياً يحتوي على البيتا كاروتين، ويوفر بالتالي الفيتامين A.

▼ يشعر العديد من الأشخاص أن الكائنات المعدلة وراثياً قد تؤذي البيئة. هنا، يقوم معارض للتعديل الوراثي، وقد أوقفته الشرطة لاحقاً، بتدمير المحاصيل المعدلة وراثياً وجمع عينات منها في مزرعة اختبارية في إنكلترا، وهي إحدى الدول التي حصلت فيها احتجاجات على التعديل الوراثي.

◄ أدخلت جينة قنديل البحر إلى هذه الفئران الصغيرة بحيث أصبحت بشرتها تتوهج باللون الأخضر عند وضعها تحت ضوء أزرق. ويمكن لهذه الجينة أن تساعد في دراسة السرطان.



مع أم ضد؟

منذ حصول أولى تجارب الهندسة الوراثية في السبعينات من القرن العشرين، أثار استخدام الكائنات المعدلة وراثياً جدالات حادة. فمن جهة، يقول الأشخاص إن الكائنات المعدلة وراثياً ضرورية لإطعام العالم وضمان ازدياد الصحة والازدهار. ويقول أشخاص آخرون إن تبديل الجينات بين الأنواع قد يولد تأثيرات خطيرة في صحتنا وبيئتنا. فالذرة المعدلة وراثياً، مثلاً، قد تقتل الفراشات غير المؤذية والحشرات الأخرى. وقد تفضي في النهاية إلى نشوء حشرات فائقة مقاومة لسمومها. ويخشى أشخاص آخرون من أن تسيطر الشركات التي تنتج كائنات معدلة وراثياً على موارد العالم. ولا يزال الجدل مستمراً.

تقصي الأمراض

يمكن لتغيّرات صغيرة، أو تحولات، في DNA جيناتنا أن تؤثر في صحتنا وتسبب الأمراض. وقد تنتقل هذه الجينات وراثياً إلى الجيل التالي. يستطيع العلماء الآن تقصي بعض الأمراض المتوارثة عند بعض الأشخاص. وفي يوم ما، قد تتوافر مجموعة كاملة من الاختبارات الوراثية تخبرنا ما إذا كنا معرضين للأمراض الخطيرة وما نستطيع فعله لتخفيف خطر التعرض للمرض.

▲ تستخدم المعالجة الفيزيائية مقياس دفق لقياس مدى عمل رئتيّ الفتاة. إنها تعاني من مرض موروث اسمه تليف البنكرياس الحوصلي، يسدّ القنوات داخل الرئتين.

عند الولادة

اختبار PKU هو تحليل دم يجرى لكل المواليد الجدد. وهو لا يكشف جينة فيها عيوب وإنما يتعرف إلى المشكلة التي تسببها، والناجمة عن مرض موروث اسمه فينيل كيتونورية، يصيب (PKU) طفلاً واحداً من كل 10 آلاف طفل. يكشف الاختبار المستويات المرتفعة في الدم لحمض أميني (راجع الصفحتين 30 – 31) اسمه فينيلالانين، نحصل عليه من البروتينات الموجودة في طعامنا. وينجم مرض PKU عن جينة معيبة تخفق في إنتاج الأنزيم الذي يفكك عادة الفينيلالانين. وقد يتراكم هذا الحمض الأميني في الدم ويسبب تلفاً في الدماغ. إلا أن الاختبار عند الولادة يعني لحسن الحظ الحيلولة دون المشاكل. فإذا كان الولد مصاباً بمرض PKU، يتم إخضاعه لحمية غذائية خاصة ولا يمرض.

▼ وخزة صغيرة جداً في عقب هذا الطفل المولود حديثاً وتوضع قطرات من دمه على بطاقة اختبار خاصة تشير ما إذا كان الطفل مصاباً بالمرض الوراثي PKU أم لا.

مشورة وراثية

إذا قَلِقَ الأهل بشأن إمكانية نقل أمراضهم الموروثة، مثل تليف البنكرياس الحوصلي، إلى أولادهم، يمكنهم الخضوع لمشورة وراثية. ينجم تليف البنكرياس الحوصلي عن جينة واحدة وهو يصيب أساساً أولاد العرق الأبيض (واحد من كل 2500). قد يجعل هذا المرض سوائل جسمهم أكثر كثافة من المعتاد. وإذا شك الأهل في أنهم يحملون هذه الجينة المعيبة، الموجودة في الكروموزوم 7، يمكنهم إجراء الاختبار. وإذا كان الأب والأم يحملان الجينة المعيبة، يمكنهما معرفة مدى احتمال تعرض ولدهم لتليف البنكرياس الحوصلي، وما هي مضاعفات إصابة الولد بالمرض.



◄ تليف البنكرياس الحوصلي نادر عند أولاد العرق الأسود، ويصيب ولداً واحداً من كل 17 ألف. تمارس هذه الفتاة تمارين التنفس والتمدد لإبقاء رئتيها في حال جيدة. وثمة سبل أخرى لجعل حياتها طبيعية قدر الإمكان، مثل تناول المضادات الحيوية، وتناول غذاء خاص، للحيلولة دون التهابات الصدر.



◀ تنظر الطبيبة إلى مخطط القلب الكهربائي الذي يسجل النمط الناجم عن مرور الإشارة الكهربائية التي تسبب كل خفقة عبر القلب. ويحدد الخط المرسوم في مخطط القلب الكهربائي ما إذا كان قلب المريض يعمل كما يجب أم لا.

▲ هذا الرجل "موصول" بمخطط القلب الكهربائي فيما هو يمشي على طاحونة دوس. تلتقط اللصائق الموضوعة على صدره الإشارات الكهربائية الآتية من قلبه وتنقلها إلى آلة مخطط القلب الكهربائي، حيث تراقبها الطبيبة. يفرض المشي المزيد من التوتر على القلب مما لو كان الجسم مرتاحاً، ويمكن أن يكشف مشاكل في مخطط القلب الكهربائي لم تكن لتظهر لو كان الشخص جالساً.

الكشف والمعالجة

قد تنجم بعض الأمراض الموروثة عن عدد من الجينات. وهذا ما يحاول العلماء اكتشافه في مرض قلب نادر وموروث اسمه تناذر QT الطويل، والذي يصيب شخصاً واحداً من كل 5 آلاف. قد يسبب هذا المرض اضطراباً في الإيقاع الطبيعي للقلب، مما يجعل الشخص يغمى عليه أو حتى يموت. وحتى وقت غير بعيد، كانت العائلات المصابة لا تعرف سبب خسارتها لأفرادها بسبب موت مفاجئ في عمر شاب. ولا يزال العلماء يجهلون الجينة أو الجينات التي تسبب تناذر QT، رغم أنه يمكن كشفه الآن باختبار القلب بواسطة مخطط القلب الكهربائي ومعالجته بوضع ضابطة نبض في الصدر. تلتقط هذه النابضة الخفقان غير الطبيعي وتعطي القلب صدمة كهربائية ليعود إلى طبيعته.

تخفيف المخاطر

ينجم مرض PKU وتليف البنكرياس الحوصلي عن عيوب في جينة واحدة. لكن الأمر ليس بهذه البساطة في معظم الأمراض. فنحن جميعاً نمتلك جينات فيها عيوب، ويمكن لأية واحدة منها أن تجعلنا عرضة لبعض الأمراض الشائعة مثل الحساسية أو مرض القلب. لكن امتلاك الجينات ببساطة لا يعني بالضرورة أننا سنصاب بالمرض. ففي العديد من الحالات، يسهم أسلوب عيشنا أيضاً في تعرضنا لبعض الأمراض. فالشخص الذي يمتلك ميلاً موروثاً مثلاً لمرض القلب يمكن أن يخفف خطر إصابته بالمرض من خلال ممارسة التمارين المنتظمة، وتناول الغذاء القليل الدهون وعدم التدخين. فالجمع بين الطبيعة والتنشئة هو الذي يحدد صحتنا.

◀ الركوب على الدراجة الهوائية هو شكل ممتاز من التمارين لكل الأعمار لأنه يحسن جانبين في اللياقة – قوة العضلات والقدرة على التحمل. والحفاظ على اللياقة البدنية يمكن أن يحسن صحة الشخص من خلال مساعدته على محاربة الميل المحتمل لجينات معينة، إذا كانت موجودة، تسبب أمراضاً مثل مرض القلب.

علاج الجينات

تخيل أن محرك سيارة لا يعمل بسبب عيب في قسم منه. والطريقة الأكثر بساطة لإصلاحه تقضي بفتح غطاء محرك السيارة واستبدال ذلك القسم بقسم آخر. بهذه الطريقة، يعمل علاج الجينات. فقد لاحظنا قبلاً أن أمراضاً مثل الناعور، وتليف البنكرياس الحوصلي، وPKU تنجم عن جينة واحدة فيها عيب. يهدف علاج الجينات إلى تحديد تلك الجينة المعيبة واستبدالها بجينة طبيعية صحية لمعالجة المرض. لكن يجب إدراك أن علاج الجينات لا يزال في مراحله التجريبية الأولى ولا يعد لغاية الآن بشفاءات عجائبية.

جينات معيبة

إن الخطوة الأولى في علاج الجينات تقضي بالتعرف إلى الجينة المعيبة. وفي الماضي، كان الأمر أشبه بالبحث عن إبرة في كومة قش. لكن اليوم، ومع وجود العديد من الأمراض الوراثية، يستطيع العلماء تحديد الجينة التي تسبب المشاكل. ثمة أدوات جديدة، مثل رقاقات DNA (مبينة في الصفحة 49)، يمكن أن تساعدنا يوماً، في فهم المزيد من الأمراض. والفكرة هي أنه بعد التعرف إلى الجينة المعيبة، يمكن استبدالها بجينة سليمة. هكذا، تنتج هذه الجينة البروتين الصحيح، وهو أنزيم عادة، لجعل الخلايا تعمل بصورة طبيعية والتخلص بالتالي من المرض. كيف ندخل الجينات العاملة إلى جسم شخص ما؟ دعنا نلقي نظرة على مثل محدد.

▼ قد تبدو هذه الجديان طبيعية لكن جرى تعديلها وراثياً بحيث ينتج حليبها بروتيناً بشرياً يمكن استخراجه وإعطاؤه للمرضى الذين لا يستطيعون إنتاجه بأنفسهم.

▼ على الشاشة، كما تظهر تحت المجهر، هناك خلايا لمفاوية بشرية معيبة - تشكل جزءاً من جهاز مناعة الجسم. تتم إضافة جينة "عاملة" إليها قبل إعادتها إلى الجسم.

استبدال الجينات

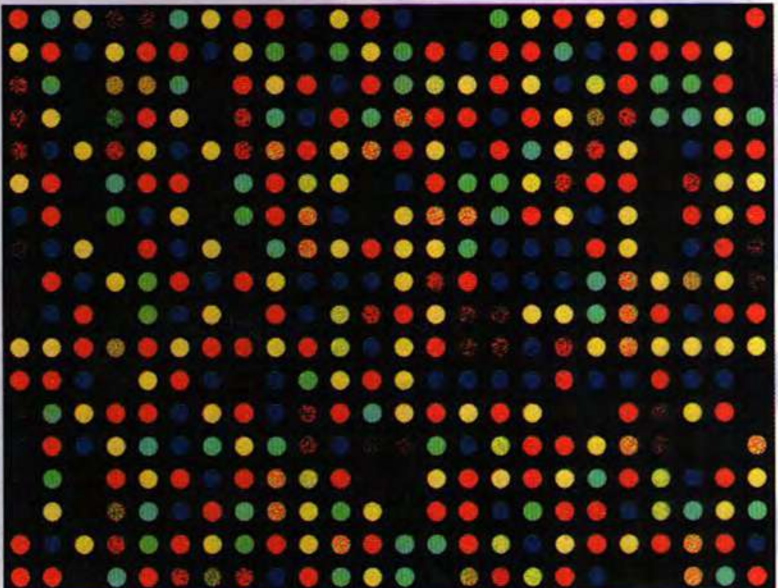
ينجم مرض نقص المناعة الوخيم (SCID) عن تحول جينة واحدة. والأولاد المصابون بمرض نقص المناعة الوخيم يوضعون في العزل، غالباً داخل «فقاعة» واقية خاصة. والسبب في ذلك أن جهاز المناعة لديهم (راجع الصفحتين 52–53) لا يعمل كما يجب ويمكن أن يصابوا بسرعة بالمرض. في بعض الحالات القليلة، عالج الأطباء مرض نقص المناعة الوخيم بعلاج الجينات. يأخذون أولاً خلايا من النخاع العظمي للمريض، فهناك تنتج الخلايا اللمفاوية التي تحمي الجسم من الجراثيم، ثم يستخدمون فيروساً معدلاً خصيصاً (يجتاح الخلايا) لنقل شكل عادي من الجينة المعيبة إلى خلايا النخاع العظمي، وعند إعادتها إلى الجسم، تتكاثر هذه الخلايا وتنتج خلايا لمفاوية طبيعية يمكن أن تحارب الالتهاب. وقد بدأ بعض الأولاد يعيشون حياة طبيعية وسليمة نتيجة ذلك.

عقاقير البروتينات

إن علاج الجينات، مثل ذلك المستخدم لمعالجة مرض نقص المناعة الوخيم، غير مثالي. فلا يزال أمام العلماء شوط كبير قبل أن يصبح علاجاً شائعاً. في غضون ذلك، يدرس بعض العلماء كيفية استعمال البروتينات – منتجات الجينات – لمعالجة الأمراض. فإذا كان هناك عيب في جينة، يمكن معالجة المشكلة بالعثور على طريقة أخرى للتأكد من حصول الجسم على البروتين التي كانت الجينة لتنتجه لو كانت تعمل كما يجب. إن الجديين المبينين إلى اليمين تم تعديلهما وراثياً لينتجا في حليبهما بروتيناً اسمه عامل VIII يمكن استعماله لمعالجة الأشخاص المصابين بالناعور (راجع الصفحتين 32 – 33).



◄ ريس إيفانس، الذي يظهر هنا وهو يلعب بصورة طبيعية، كان أول ولد في بريطانيا خضع بنجاح لعلاج مرض نقص المناعة الوخيم باستعمال علاج الجينات في مستشفى غرايت أورموند ستريت، لندن، إنكلترا. تم استعمال علاج الجينات لتصحيح جينة معيبة تمنع جهاز مناعته من العمل كما يجب.



◄ إن رقاقة DNA هذه هي أداة تتيح للعلماء مقارنة كيفية عمل الجينات عند شخص معافى وعند شخص مصاب بمرض معين. وتظهر كل نقطة للعلماء كيف تعمل جينة معينة في كلا النموذجين. هكذا، يستطيع العلماء معرفة الجينات التي تعمل بطريقة مختلفة عن الطبيعة ويستخدمون هذه المعلومات لمعرفة المزيد عن المرض.



على حافة ورقة نبتة القبعة المكسيكية هناك نباتات بالغة الصغر ستسقط يوماً ما عن النبتة وتتحول بدورها إلى نباتات جديدة. وهذه النباتات الصغيرة نسيلة إذ تتشارك كلها نفس الـ DNA مثل النبتة الأم.



نسخ مثالية

حين يتوالد البشر، ومعظم الحيوانات الأخرى، يفعلون ذلك جنسياً. يلتقي مني الأب وبويضة الأم عند التخصيب، وتجتمع كروموزوماتهما وينشأ الولد باستعمال مجموعة تعليمات مصنوعة من مزيج DNA من كلا الأهل. لكن بعض الكائنات الحية تستطيع التوالد من دون جنس. لنأخذ مثلاً نبتة القبعة المكسيكية. فكما هي حال العديد من النباتات الأخرى، تستطيع هذه النبتة ببساطة إنتاج ذرية جديدة من دون الحاجة إلى اثنين من الأهل. وتكون النباتات الصغيرة نسخاً مثالية عن «أهلها»، مع جينات متطابقة، يقال عنها إنها نسيلة. لكن إذا كان باستطاعة النباتات إنتاج نسيلات لها، فهل نستطيع نحن فعل الشيء نفسه؟



استنساخ الحيوانات؟

يمكن أن نجد حيوانات مستنسخة بصورة طبيعية أيضاً. فالتوأمان الطبيقان (راجع الصفحتين 22 – 23) يمتلكان نفس الـ DNA، وهما نسيلان طبيعيان. كما تستطيع بعض الحيوانات التوالد من دون جنس. فالذبابة الخضراء، مثلاً، تستطيع التوالد جنسياً أو أن الأنثى تلد نسيلات بذاتها. لكن ماذا لو استطعنا إنتاج نسخة مثالية عن حيوان ما باستنساخ إحدى خلاياه؟ فكّر كم سيكون ذلك مفيداً. فإذا كانت بقرة معينة تنتج حليباً ممتازاً، يمكننا إجراء نسيلات لها، مع جينات متطابقة، توفر لنا الكثير من الحليب. أو إذا أنتجنا بنجاح حيوان معدل وراثياً، مثل جدي، لإنتاج أدوية مفيدة، يمكن استنساخ ذلك الجدي للحصول على قطيع من الجديان المتطابقة المنتجة للعقاقير. بدا هذا الهدف مستحيلاً حتى العام 1996 حين ولدت نعجة مستنسخة اسمها دولي.

صناعة دولي

كيف صنعت دولي؟ بواسطة تقنية اسمها النقل النووي، أخذ العلماء خلايا من ثدي نعجة أنثى عمرها 6 أعوام. وكانت النعجة التي استخدموها من سلالة أغنام اسمها Finn Dorset. كما أخذوا بعض البويضات من نعجة تنتمي إلى سلالة مختلفة، اسمها Scottish Blackface. استأصلوا من ثم النواة من بويضة Scottish Blackface وحقنوا البويضة «الفارغة» بنواة خلية نعجة Finn Dorset. نجحت الصدمة الكهربائية في لحم النواة بشبكة هيولى البويضة وتم غرس الجنين الجديد في رحم «الأم بالإرضاع»، نعجة أخرى من نوع Scottish Blackface. وبعد فترة، ولدت هذه النعجة دولي، وهي نعجة مطابقة وراثياً لنعجة Finn Dorset الأصلية.



▶ يظهر هذا الرسم عملية الاستنساخ. تؤخذ الخلايا من النعجة المراد استنساخها، أي Finn Dorset، وتؤخذ بويضة من "أم بالإرضاع". يتم استئصال نواة البويضة ورميها. يجري بعدها نقل نواة Finn Dorset إلى البويضة وينشأ جنين جديد. يتم غرس هذا الجنين في الأم بالإرضاع، التي تلد لاحقاً نعجة مستنسخة.

▲ في وسط هذه الصورة المجهرية، نشاهد بويضة نعجة تخضع لاستئصال النواة. إلى اليسار، يثبت رأس قطارة البويضة في مكانها. وإلى اليمين، تحقن قطارة مجهرية النواة المأخوذة من خلية تخص نعجة أخرى.

مشاكل الاستنساخ

أثبتت دولي أن الاستنساخ ممكن. فالحمض النووي الريبي المنقوص الأكسيجين الموجود في خلية ناضجة بقي محتوياً على كل التعليمات اللازمة لإنشاء كائن جديد. واليوم، لا توجد فقط نعاج مستنسخة وإنما أيضاً جديان، وأبقار، وفئران. لكن ليست هذه القصة الكاملة. فدولي كانت الوحيدة بين 277 جنيناً التي صمدت كفاية لتولد. وفي الأنواع الأخرى التي جرى استنساخها، صمد أقل من 1 في المئة من الأجنة المستنسخة. والمشكلة هي أنه داخل النواة المستخرجة من خلية بالغة، قد تتعطل بعض الجينات الأساسية لتكوين كائن جديد. وكانت دولي ربما ضربة حظ إذ بقيت الجينات الصحيحة قيد العمل. ورغم أن دولي بدت بصحة جيدة، فقد ماتت في سن مبكرة (6 أعوام) عام 2003. هل شاخت بسرعة أكبر لأنها كانت مستنسخة؟

استنساخ بشري؟

على رغم معدل الإخفاق الكبير في الاستنساخ، طرح وجود دولي السؤال الكبير - هل نستطيع استنساخ أنفسنا؟ يجد العديد من الأشخاص الفكرة غير مقبولة، وقد حظرت العديد من الحكومات الاستنساخ البشري. لكن بعض العلماء يقولون إن الاستنساخ قد يكون طريقة لمنح الوالدين العاقرين طفلاً (شبيهاً لأحدهما) أو نسخ شخص له مواهب خاصة وتبقى الكلمة الفصل للشرع وعلماء الدين للبت بهذا الأمر. لكن هل يكون البشر المستنسخون متطابقين تماماً؟ قد يتشاركون نفس الـ DNA (الطبيعة)، لكنهم يعيشون حياة مختلفة (تنشئة) ما يجعل شخصياتهم غير متطابقة.

▶ كانت دولي أول حيوان ثديي في العالم يجري استنساخه من خلية واحدة مأخوذة من نعجة بالغة. إنها هنا مع البروفسور إيان ويلموت، رئيس الفريق الذي ابتكر دولي في معهد روزلين، اسكوتلندا - أحد أبرز مراكز الأبحاث في العالم حول علم الوراثة والتوالد عند الحيوانات.

قطع بديلة

في العام 1967، حدثت أول عملية زرع قلب ناجحة في العالم. فقد تم استبدال القلب التالف لشخص ما بقلب سليم موهوب من شخص آخر. لكن ثمة مشكلة أساسية في عمليات الغرس وهي أن الجسم يرفض الأعضاء الغريبة، ولا يعيش المرضى إلا إذا تناولوا عقاقير مضادة للرفض طيلة حياتهم. واليوم، يريد الأطباء استعمال التكنولوجيا الوراثية في أنواع جديدة من العلاجات لمجموعة متنوعة من الأمراض الخطيرة. وقد يفضي ذلك نظرياً إلى عمليات زرع خالية من خطر الرفض.

خطر الرفض

تكون أجسامنا دوماً عرضة لخطر اجتياح البكتيريا، والفيروسات، والجراثيم الأخرى التي تسبب الأمراض. لكننا نملك جهاز دفاع معقد - هو جهاز المناعة - يقضي على الغزاة. فثمة خلايا مثل الخلايا البلعمية الكبيرة (المبينة أدناه)، ومواد كيميائية خاصة اسمها الأجسام المضادة، تعطل أي شيء غريب وتدمره. لكن هذا يعني لسوء الحظ أنها تدمر أية خلايا مغروسة في الجسم من شخص آخر. والسبب في ذلك أن كل الخلايا تحمل على سطحها معالم بالغة الصغر - تحددها جيناتها - تعرّف الخلايا على أنها «ذاتية» أو «غريبة». يتجاهل جهاز المناعة الخلايا «الذاتية»، لكنه يعمل فوراً على تدمير الخلايا «الغريبة».



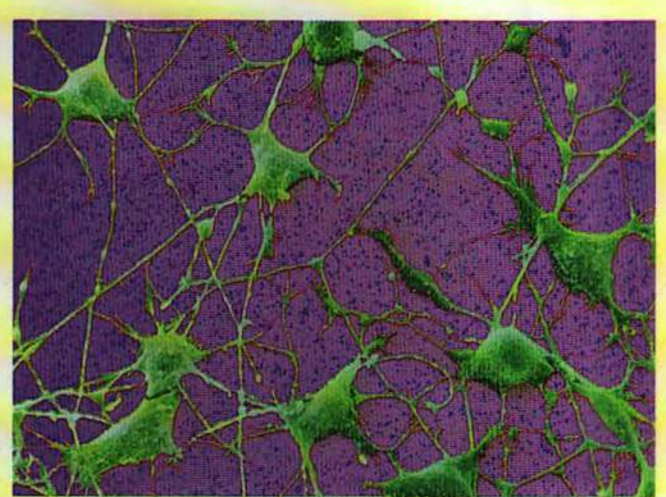
▲ يمكن تكوين الجلد اصطناعياً بحيث يمكن استعماله لغرسه في جسم شخص، إذا احترق جلده مثلاً. وإذا أمكن استنساخ الجلد من خلايا المريض نفسه، لن يرفضه الجسم.

خلايا جذعية

هناك أكثر من 200 نوع مختلف من الخلايا في الجسم البشري. والخلايا الجذعية خاصة لأنها يمكن أن تتحول إلى أي نوع خلية موجود في الجسم. ويعني ذلك أنه يمكن غرسها في جسم المريض لاستبدال النسيج التالف نتيجةَ مرض أو حادث. في الواقع، إن أفضل الخلايا الجذعية موجودة في جنين بشري عمره فقط بضعة أيام. لكن استعمال الأجنة لهذا الغرض غير مقبول للعديد من الأشخاص. كما أنها مصدر «غريب»، مثل أعضاء الواهب، ويحتمل أن يرفضها الجسم.

▶ الخلايا البلعمية الكبيرة (البيضاء) هي خلايا تشكل جزءاً من قوة دفاع الجسم. إنها تهاجم خيوطاً (خضراء) تم استعمالها لتقطيب جرح. فالخلايا البلعمية الكبيرة تعتبر الخيوط "غريبة".





◄ إنها بعض من 100 مليار خلية عصبية موجودة في الدماغ البشري. ويمكن لكل واحدة منها أن تمتلك مئات أو آلاف الروابط مع الخلايا العصبية الأخرى، ما يكوّن شبكة اتصالات معقدة تتيح لنا الرؤية، والسمع والإحساس، والسيطرة على كل حركاتنا. لكن الخلايا العصبية في الدماغ (التي تمتد من الدماغ نزولاً إلى الظهر) لا يمكن استبدالها حين تموت. في أحد الأيام، قد يوفر الاستنساخ طريقة لإنشاء خلايا دماغ جديدة.

استنساخ للشفاء

الاستنساخ (راجع الصفحتين 50 - 51) يمكن أن يكون طريقة لتفادي مشكلة الرفض. بالفعل، يأخذ العلماء خلية من الشخص الذي يحتاج إلى المعالجة، ويدخلون نواتها في خلية بويضة بشرية «فارغة»، ثم يدعون هذه الخلية تنقسم إلى كتلة من الخلايا الجذعية. وهذا ما يعرف بالاستنساخ «العلاجي» لأنه ينشئ فقط بضعة خلايا جذعية بدل إنشاء شخص كامل («العلاجي» هنا يعني الشفاء). يمكن زرع هذه الخلايا مجدداً في المريض من دون أي خطر للرفض لأنها تحمل جيناته. تخيل مثلاً إذا كان الشخص يعاني من داء باركنسون. يحدث هذا المرض حين تبدأ الخلايا العصبية في جزء من الدماغ بالموت، ما يجعل الشخص يفقد قدرته على التحرك كما يجب. في أحد الأيام، قد يصبح من الممكن حقن خلايا جذعية «ذاتية» في الدماغ لاستبدال الخلايا العصبية المفقودة.



▲ إنه جنين بشري عمره فقط 3 أيام بعد التخصيب. لقد انقسمت البويضة المخصبة لتوليد كرة من 8 خلايا - خلايا جذعية. في هذه المرحلة، لم تبدأ الخلايا بالتحول إلى مختلف أنواع الخلايا، ولديها إمكانية التحول إلى أي نوع.

معركة سوبرمان

في العام 1995، وقع الممثل كريستوفر ريف عن حصانه، مما أتلف حبله الشوكي ولم يعد باستطاعته تحسس أو تحريك جسمه تحت العنق. وهو يرى أنه يمكن استخدام الخلايا الجذعية يوماً ما لتكوين خلايا عصبية جديدة - الخلايا الموجودة في الحبل الشوكي - لترميم التلف الحاصل في حبله الشوكي. إنه يتفهم رفض بعض الأشخاص استعمال الخلايا من الأجنة التي يجري التخلص منها بعد ذلك. لكن الباحثين يجدون أن باستطاعتهم ربما إعادة برمجة الخلايا البالغة للتصرف مثلما تفعل الخلايا الجذعية الآن. لكن كل ذلك سيكون في المستقبل.



◄ الممثل الأميركي كريستوفر ريف، المشهور بدوره في أفلام سوبرمان، مصاب الآن بالشلل من العنق وإلى الأسفل بعد سقوطه عن الحصان. إنه يروّج من دون كلل لأبحاث الخلايا الجذعية.

منقرض ومهدد بخطر الانقراض

فكّر في هذه الأرقام المخيفة. يعتقد أن 100 نوع حيواني تقريباً ينقرض كل يوم. وهناك العديد من الحيوانات الأخرى، بما في ذلك الباندا العملاق والشمبانزي، التي تعتبر مهددة بخطر الانقراض. كما أن أكثر من ربع الأنواع النباتية موجودة على لائحة الأنواع المهددة بالانقراض وقد تختفي خلال 50 سنة. وهي تنقرض عادة أو تصبح مهددة بالانقراض لأننا نحن البشر نقضي على مواطنها الطبيعية. إلا أن بعض العلماء يظنون أن باستطاعتهم استعمال تكنولوجيا DNA، بما في ذلك الاستنساخ، لإنقاذ الأنواع المهددة بخطر الانقراض - أو حتى استعمال DNA لإعادة الأنواع المنقرضة إلى الحياة.

▲ رغم أن هذه الحشرة المصاصة للدماء، المحفرة في العنبر، تبدو وكأنها ماتت قبل بضع دقائق فقط، فإن عمرها ملايين السنين. لقد عاشت في حقبة الديناصورات نفسها وعلقت في راتنج دبق نزّ من شجرة صنوبر قديمة وتصلبت لتكوين حبس شفاف من العنبر.

عودة إلى الديناصورات؟

بعد مرور 65 مليون عام على انقراضها، أعيدت الديناصورات إلى الحياة - وإن كان ذلك فقط في العالم الخيالي لفيلم جوراسيك بارك. كيف؟ بأخذ حشرات أحفورية كانت تتغذى من دم الديناصور واستخراج الـ DNA من خلايا دم الديناصور الموجودة فيها، واستعمالها بمثابة مجموعة تعليمات لإعادة تكوين الديناصورات. هل يمكن أن يحصل ذلك في الحياة الحقيقية؟ يبدو الجواب لا. فبعد ملايين السنين، سيبقى القليل، أو لا شيء أبداً، من DNA الديناصور. لكن العلماء في أوستراليا يريدون استنساخ التيلاسين - وهو نوع شبيه بالذئب انقرض عام 1936 - باستعمال DNA مأخوذ من عينة محفوظة.



في هذا المشهد من فيلم جوراسيك بارك للمخرج ستيفن سبيلبرغ، ينظر الزائرون بذهول - وبعد برهة بذعر - إلى حديقة غير اعتيادية للحيوانات البرية. إنها غير اعتيادية لأنها مأهولة بالديناصورات التي أعيد توليدها من DNA قديمة. لكن هل يمكن فعلاً إعادة الحيوانات المنقرضة إلى الحياة؟

▼ هذا الباندا العملاق هو واحد من نحو ألف باندا فقط لا تزال موجودة في موطنها الطبيعي، وهي غابات الخيزران الجبلية في جنوب غرب الصين. وبحلول العام 2015، لن يبقى أي حيوان باندا في البرية. يخطط العلماء لإنتاج باندا عملاق مستنسخ باستعمال دبة سوداء أميركية كأم مرضعة.

إنقاذ بالاستنساخ؟

من الأسهل مساعدة الحيوانات المهددة بالانقراض بدل إعادة إحياء الحيوانات المنقرضة، لأن الحيوانات المهددة بالانقراض لا تزال على قيد الحياة. وثمة طريقة لفعل ذلك هي الاستنساخ، باستعمال الطريقة نفسها التي ولدت دولي النعجة (راجع الصفحتين 50-51). يأخذ العلماء خلية من الحيوان النادر ويلحمونها مع بويضة «فارغة» من نوع قريب وإنما أكثر شيوعاً، ويجعلونها من ثم تنمو في رحم أنثى من ذلك النوع. وقد اعتمدت هذه الطريقة مع الغور، وهو نوع آسيوي نادر من الماشية، الذي ولد بعدما نشأ في رحم بقرة.





▼ يحلق هذا الكندور الكاليفورني، عالياً في السماء بحثاً عن حيوانات ميتة ليأكلها، وهو نوع من النسور، هو أكبر طائر في أميركا الشمالية. إنه أيضاً أحد أكثر الأنواع المهددة بالانقراض على الأرض.

◄ د. أوليفر رايدر، رئيس علم الوراثة في الجمعية الحيوانية في سان دييغو، كاليفورنيا، الولايات المتحدة، يحمل "خريطة" DNA تقارن البصمات الوراثية لعدة كندورات كاليفورنية وتظهر كم تتشابه هذه الطيور. وهذا جزء مهم من المحافظة على الكندور.

توالد في الأسر

إذا كان نوع ما يواجه خطر الانقراض، لماذا لا نأسر بقية الحيوانات ونجعلها تتوالد في حديقة حيوانات؟ هذا ما حصل حين انخفض عدد كندورات كاليفورنيا إلى 25 طائراً فقط في بداية الثمانينات من القرن العشرين. وبفضل برنامج التوالد في الأسر، يوجد اليوم أكثر من 150 كندوراً كاليفورنياً، أعيد إطلاق 50 منها مجدداً في الطبيعة. وقد أدت بصمات الـ DNA دوراً أساسياً في التعرف إلى الكندورات القريبة جداً من هذا النوع. وهذا مهم لأنه إذا توالدت الأنواع المتشابهة مع بعضها، ثمة احتمال أكبر لأن تلد ذرية لها مشاكل وراثية خطيرة.

◄ إن الأنواع الحيوانية المبينة هنا، بما في ذلك الفيل الأفريقي، والغوريلا، والنمر، وأسود التمارين هي مجرد عينة من الحيوانات المهددة بالانقراض. ولا ننسى طبعاً العديد من نباتات وحيوانات الغابات الاستوائية التي انقرضت قبل إمكانية التعرف إليها.

حدائق حيوانات مجمدة

ثمة طريقة أخرى لإنقاذ الأنواع المهددة بالانقراض وهي إنشاء «حدائق حيوانات» مجمدة، مثل تلك الموجودة حالياً في سان دييغو، الولايات المتحدة. هنا، تم تجميد خلايا من آلاف الأنواع المهددة بالانقراض. وإذا انقرض حيوان ما، يمكن استعمال خلاياه المجمدة يوماً ما في الاستنساخ بهدف إعادة ذلك النوع إلى الحياة. لكن العديد من الأشخاص يرون أن استعمال تكنولوجيا DNA لمساعدة الأنواع المهددة بالانقراض يلهينا عن المشكلة الحقيقية. فهم يشعرون أننا بحاجة إلى حماية المواطن لمنع الأنواع من التعرض لخطر الانقراض أساساً.

توقع المستقبل

خلال 50 عاماً، انتقلنا من عدم معرفة أي شيء عن الحمض النووي الريبي المنقوص الأكسيجين DNA إلى التمكن من تحديد تعاقب الـ DNA في كل الجينوم البشري. إذاً، ما هي التوقعات بشأن المستقبل؟ سيجد العلماء حتماً أنفسهم مشغولين بمهمة التعرف إلى جينات محددة في الجينوم ومعرفة البروتينات التي تنتجها هذه الجينات. لكن ثمة أمور أخرى غير أكيدة. هل سنعرف جميعاً جينوماتنا وبالتالي قدرنا الوراثي؟ هل سيحسن التعديل الوراثي صحة كل الأشخاص؟ وهل سنتمكن من اختيار مظهر أولادنا؟ وحده الزمن كفيل بإخبارنا ذلك.

◄ هذه البطاقة الشخصية المستقبلية تحمل معلومات، مثل صورة فوتوغرافية وبصمة وصورة للقزحية، باتت مألوفة لنا الآن. لكن تكنولوجيا المستقبل قد تتيح تحديد تعاقب جينوم كل شخص ومسحه وتسجيله على بطاقة مثل هذه.

◄ توجد في رقاقة هذه البطاقة الشخصية لائحة جينات، بما في ذلك تلك التي تشير إلى خطر التعرض لبعض الأمراض. يستطيع الطبيب قراءة البطاقة باستعمال كمبيوتر، وهذا بالتالي تفوّق على أساور التعريف الشخصية التي يحملها اليوم المصابون بأمراض معينة. كما تستطيع الشرطة أو أي شخص آخر مخول استعمال هذه المعلومات قراءة البطاقة. قد يعارض بعض الأشخاص نفاذ الآخرين إلى معلومات بشأنهم. لكن هل سنحمل جميعاً مثل هذه البطاقات في المستقبل؟

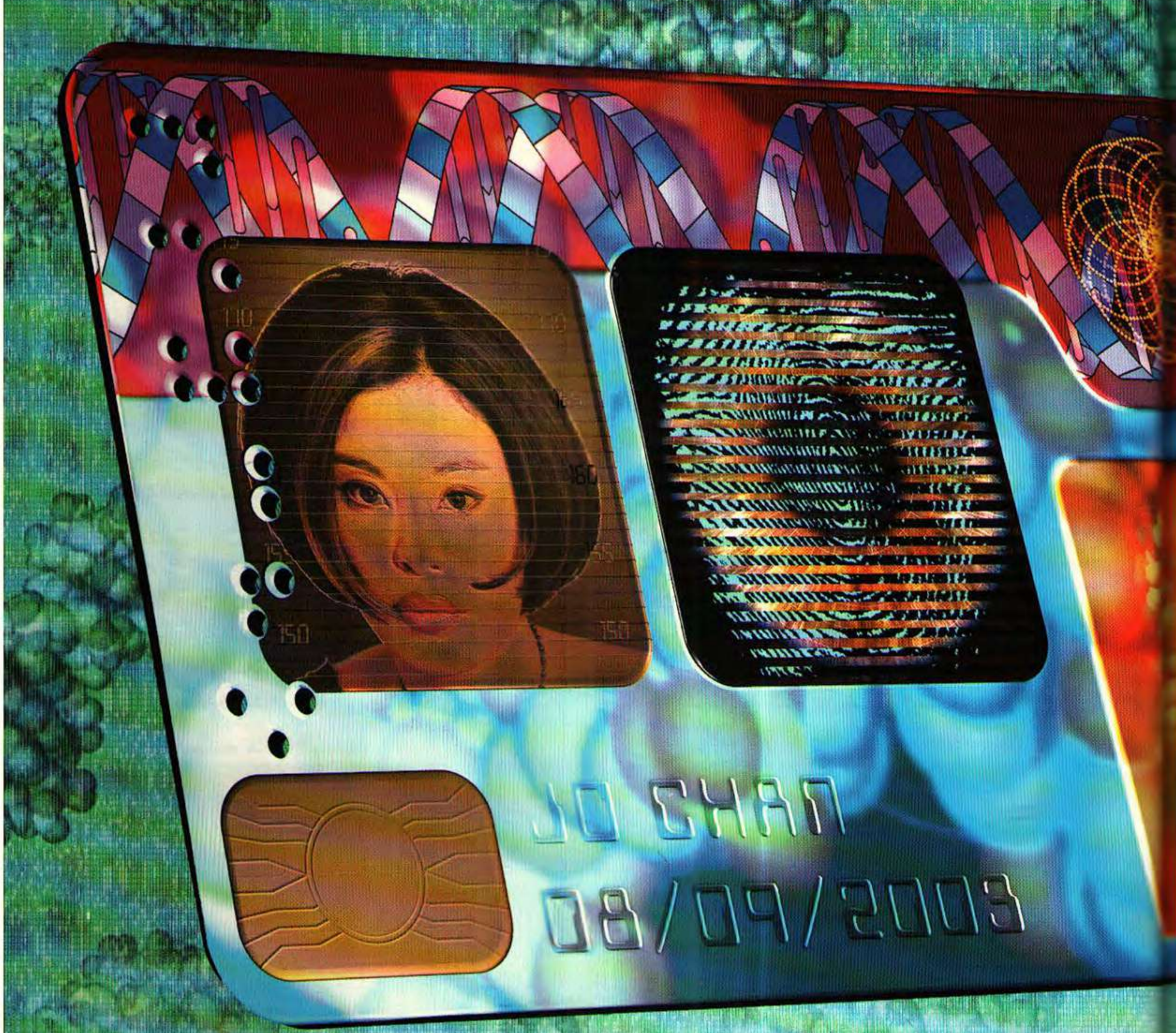
ملف شخصي

بحلول العام 2025، يفترض أن نتمكن من إنجاز تعاقب كامل للجينوم خلال بضع ساعات فقط. وقد يعني ذلك إعطاء كل طفل مولود، بصورة روتينية، ملفاً وراثياً كاملاً. مباشرة بعد الولادة، يتم أخذ عينة دم، واستخراج الـ DNA وتحديد تعاقبها، وتسجيل معلومات الجينات ونقلها إلى بطاقة شخصية. يستطيع الأطباء استعمال هذه المعلومات الوراثية لمعرفة ما إذا كان الشخص سيصاب بمرض ما، مثل مرض القلب، في المستقبل، بحيث يمكنهم اتخاذ الإجراءات، مثل اعتماد أسلوب عيش صحي، للمساعدة على الحؤول دونه. لكن ثمة خوف حقيقي من أنه لو عرفت المشاكل الوراثية لشخص ما، قد يجد صعوبة في الحصول على عمل أو تأمين، خشية أن يصاب ربما ببعض الأمراض.

◄ إنها أنثى بعوضة Anopheles، حشرة تنقل مرض الملاريا المميت من خلال قرص الجلد البشري، مثلما تفعل هنا، ومص الدم. يعمل العلماء على إنتاج بعوضة معدلة وراثياً تعجز عن نقل المرض. هل سيحدث ذلك فرقاً في انتشار الملاريا حول العالم؟

علاج أفضل

ثمة أمل عظيم للمستقبل وهو الحصول على علاج أفضل وأكثر دقة للأمراض. وقد شاهدنا إمكانية استعمال علاج الجينات - إدخال جينات لاستبدال تلك المعطلة (راجع الصفحتين 48 - 49). قد يحتاج ذلك إلى بعض الوقت ليصبح مثالياً، لكن ثمة مشروع فوري وأكثر عملية هو تخصيص العقاقير. ففي الوقت الحاضر، نجد العديد من العقاقير التي هي مواد كيميائية تعالج أمراضاً معينة، من دون أن يعرف العلماء غالباً سبب ذلك. لكن يفترض بمعرفة الجينوم البشري أن يتيح للعلماء ابتكار العقاقير التي تعالج مرضاً بتغيير طريقة عمل جينة. وبما أن جينات كل شخص تؤثر في كيفية تفاعله مع عقار معين، يمكن إنتاج أشكال مختلفة من العقاقير للتطابق مع التكوين الوراثي لكل شخص.



جينات قيد العمل

إن الطريقة الأسرع والأقل كلفة لإنتاج هذه العقاقير، والمنتجات الأخرى، هي استعمال الكائنات المعدلة وراثياً (راجع الصفحتين 44 – 45). فلقاح للوقاية من مرض الحصبة يمكن إنتاجه داخل فاكهة معدلة وراثياً، يأكلها الأولاد ما يقضي على الحاجة إلى الحقن. ويتم تعديل البعوض وراثياً بحيث لا ينقل طفيلية الملاريا القاتلة ليجري من ثم إطلاقه في البرية للتوالد مع البعوض «العادي». وفي النهاية، يتم التوصل إلى بعوض يسبب ملاريا يمكن القضاء عليها. إنها فكرة جميلة. ويمكن تطوير بكتيريا معدلة وراثياً تنظف مواقع النفايات النووية وتتخلص من مصدر خطر يدوم عادة آلاف السنوات.

مصمم أطفال؟

في المستقبل، هل يستطيع البشر «تصميم» أولادهم؟ يمكن حالياً تقصي الجنين قبل أن يصبح طفلاً للتأكد من أنه خالٍ من بعض التحولات الوراثية. وبعد 20 سنة، قد يصبح ممكناً انتقاء جنين له جينات تجعله طويلاً مثلاً. وبعد 40 سنة، قد يصبح ممكناً تعديل جينوم جنين لإدخال خصائص معينة إليه مثل المهارة في الرياضيات أو العيش أطول. يشعر بعض الأشخاص أن القضاء على الأمراض وإعطاء الأولاد انطلاقة في الحياة هو أمر جيد. ويعتقد أشخاص آخرون أن الأشخاص هم أكثر من مجرد جينات، وعلينا ترك التكوين الوراثي لأولادنا للطبيعة.

خلاصة الفصل الثالث: التكنولوجيا الوراثية

تطبيق المعرفة

إن الاستعمال العملي لـ DNA والجينات، المعروف بالتكنولوجيا الوراثية أو علم الجينات، هو أحد المجالات الأسرع نمواً في الأبحاث العلمية. لكن ما هو؟ كيف سيؤثر فينا؟ هل يوافق الجميع عليه؟ ماذا يخبئ المستقبل؟ لقد تناولنا هذه الأسئلة في الفصل 3.

عمل بوليسي

إن القدرة على التعرف إلى الأشخاص من خلال الاختلافات الصغيرة في الـ DNA أتاحت لرجال الشرطة والعلماء إنجاز بعض الأعمال البوليسية. فالشرطة تستطيع الاعتماد على العلماء الجنائيين لتحضير بصمة DNA من خلايا موجودة في مسرح الجريمة لمساعدتهم على إثبات ذنب المشبوه به أو براءته. وقد استعمل العلماء أدلة الـ DNA لتقفي آثار انتشار البشر من أفريقيا، حيث نشأوا للمرة الأولى، إلى العالم. كما استعملوا أدلة الـ DNA لفحص البقايا القديمة، بما في ذلك المومياء البشرية والحيوانات الأحفورية.

تعديل الرسالة

استطاع العلماء أيضاً الاستفادة من حقيقية كون الـ DNA هي نفسها، وتعمل بالطريقة نفسها، عند كل الكائنات الحية. وهذا ما يجعل الهندسة الوراثية ممكنة. تنطوي الهندسة الوراثية على نقل جينة مفيدة من نوع إلى نوع آخر لتوليد خاصية مفيدة. كما أن تعديل رسالة الـ DNA بهذه الطريقة يمكن أن يوفر يوماً ما علاجاً شافياً لبعض الأمراض الموروثة في شكل علاج جينات، بحيث يستبدل الجينة المشوبة بالعيوب بأخرى سليمة.

إنتاج نسخ

يستطيع العلماء الآن، مع بعض الصعوبة، إنجاز نسخ مثالية، أو نسيلات، لثدييات مثل النعاج. وقد أفضى ذلك إلى عدد من المضاعفات. فقد أصبح ممكناً إنتاج أسراب من الحيوانات المتطابقة وراثياً المهندسة لإنتاج العقاقير. كما يتيح الاستنساخ للعلماء نسخ الأفراد القليلة الباقية من نوع مهدد بخطر الانقراض بحيث لا ينقرض هذا النوع. وقد يتيح لهم ربما إنتاج خلايا خاصة تستبدل الأنسجة المريضة في الجسم.

للمزيد من المعلومات...



إستكشف مسرح جريمة وهمياً في الموقع:

www.bbc.co.uk/science/genes/dna_detectives/thief_game/thief_game.shtml

إكتشف حقائق عن الاستنساخ والهندسة الوراثية والمزيد من المعلومات في العنوان:

http://ology.amnh.org/genetics/index.html

إعرف المزيد عن التكنولوجيا الوراثية بمساعدة تيكي البطريق في الموقع:

www.oneworld.org/penguin/genetics/home.html

إعرف المزيد عن الأبحاث المتعلقة بعلاج الجينات وجمعية Jeans for Genes في الموقع:

www.jeansforgenes.com/1_home/index.php

عالم جنائي:
يحلل الأدلة من مسرح الجريمة لمساعدة الشرطة في العثور على المجرمين.

عالم بيطري:
يفحص الحيوانات ويعالجها طبياً ويبحث في صحتها.

صيانيّ:
يدرس الحيوانات والنباتات المهددة بخطر الانقراض، والسبل لإنقاذها.

مستشار وراثي:
ينصح الأزواج بشأن احتمال إنجابهما لطفل مصاب بمرض وراثي.

عالم طبي أحيائي:
يطبق العلم على الطب، كما في أبحاث الخلايا الجذعية.

فهـرس

allele أليلة: واحدة من نسختين بديلتين أو أكثر للجينة نفسها.

amino acid حمض أميني: واحد من 20 مركباً كيميائياً هي الكتل المنشئة للبروتينات.

ancestor سلف: قريب عاش قبل مئات أو آلاف السنين.

atom ذرة: جزيئة بالغة الصغر لعنصر، مثل الكربون، تتألف منها المادة.

bacterium جرثومة: واحدة من مجموعة من الكائنات البسيطة الأحادية الخلية، التي يسبب بعضها أمراضاً للبشر.

base قاعدة: واحدة من أربع مواد كيميائية - أدنين (A)، سيتوسين (C)، غوانين (G) وثيمين - (T) تشكل الأحرف في DNA.

blood group فئة دم: واحدة من أربعة أنواع دم - A، B، AB أو O - تحددها معالم في خلايا الدم الحمراء. تخضع فئة دم الشخص كلياً لسيطرة الجينات.

cell خلية: واحدة من كائنات حية بالغة الصغر تتألف منها الكائنات.

cell membrane غشاء خلية: الغشاء الرقيق الواقي الذي يحيط بخلية.

characteristic خاصية: ميزة، مثل العيون الزرقاء، تظهر في كائن بشري أو كائن آخر.

chromosome كروموزوم: واحدة من 46 بنية شبيهة بالخيط تتألف من الـ DNA والبروتين، موجودة داخل نواة معظم الخلايا البشرية.

cloning استنساخ: إنجاز نسخة مطابقة لكائن حي، مع نفس الـ DNA.

code رمز: نظام مستخدم لترجمة رسالة بلغة معينة إلى رسالة بلغة أخرى. تستخدم الخلايا الرمز الوراثي لتحويل تعاقب الـ DNA في القواعد إلى تعاقب من الأحماض الأمينية.

codon رامزة: مجموعات من ثلاث قواعد تؤلف الكلمات التي تصنع التعليمات في الجينات.

competition منافسة: الصراع بين الكائنات الحية على الموارد الطبيعية.

component مكوّن: واحد من الأجزاء التي يتألف منها شيء ما. ومكونات الـ DNA هي الفوسفات، والديوكسيريبوز، والقواعد A وC وG وT.

cytopharm شبكة هيولى الباطنية: السائل السميك الذي يؤلف معظم داخل الخلية.

determine تحديد: تثبيت

development تطور: ازدياد في التعقيد الذي يحصل مع نمو الكائن الحي. فالبويضة البشرية المخصبة، مثلاً، تنشأ من كرة من الخلايا المتطابقة وتتحول إلى جنين له رأس وذراعين وساقين ومئات أنواع الخلايا.

DNA (حمض نووي ريبي منقوص الأكسيجين): المادة الكيميائية الموجودة في نواة خلية تؤلف الكروموزومات والجينات.

DNA fingerpoint بصمة DNA: عينة من الـ DNA مأخوذة من شخص ومفتتة لتكوين نمط فريد بذلك الشخص.

dominant مهيمن: يصف أليلة أو جينة تنتج خاصية في كائن.

double helix لفة لولبية مزدوجة: الاسم المعطى لخيطين توأمين يلتفان حول بعضهما في جزيئة DNA.

draft مسودة: نسخة أولية لشيء ما.

EGG مخطط القلب الكهربائي: تسجيل للإشارات الكهربائية التي تمرّ عبر القلب خلال كل خفقان.

Egg بويضة: خلية جنسية أنثوية

Embryo حالة جنينية: الاسم المعطى للطفل غير المولود خلال أول ثمانية أسابيع بعد التخصيب.



endangered مهدد بخطر الانقراض: يصف حيواناً أو نبتة مهددة بخطر الانقراض أو الاختفاء.

environment بيئة: محيط كائن حيّ، وكل شيء فيه.

enzyme أنزيم: نوع من البروتين موجود في الجسم يسرّع كثيراً معدل التفاعلات الكيميائية داخل الخلايا وخارجها.

extinct منقرض: يصف نوعاً من الكائنات الحية انقرض واختفى. الديناصورات مثلاً منقرضة.

fertility خصوبة: قدرة الكائنات الحية على التوالد. في بعض الأحيان، إذا وجد الأشخاص صعوبة في الإنجاب، يلجأون إلى علاج لتحسين خصوبتهم.

fertilization تخصيب: اجتماع بويضة ومني لتوليد كائن حيّ جديد. وأثناء التخصيب، تتكون المجموعة الفريدة من الكروموزومات، مع الجينات، الخاصة بكل فرد.

foetus جنين: الاسم المعطى للطفل غير المولود من الأسبوع التاسع بعد التخصيب وحتى الولادة.

fossilized أحفوري: يصف بقايا كائن حيّ تم حفظه طوال عدة سنوات.

gene جينة: واحدة من التعليمات الموجودة في الـ DNA ضمن الكروموزومات.

generation جيل: مستوى العلاقة، مثل الأهل، الذين ينتمون إلى جيل، والأولاد، الذين ينتمون إلى الجيل التالي.

genetic وراثي: يصف شيئاً له علاقة بالجينات والوراثة.

genetic engineering هندسة وراثية: تغيّر اصطناعي حاصل في الجينات أو الـ DNA الخاصة بكائن حيّ.

genome جينوم: المجموعة الكاملة للجينات الموجودة في كائن حي. يتألف الجينوم البشري من كل الجينات الموجودة في واحدة من مجموعتيّ الكروموزوم في كل خلية جسم.

GM organism كائن معدل وراثياً: كائن جرى تعديل جيناته، أو هندستها، لتغيّر ميزة أو مزايا معينة فيه.

habit موطن: مكان يعيش فيه الحيوان أو النبات.

haemophilla ناعور: مرض وراثي لا يحدث فيه التخثر الطبيعي للدم.

Human Genome Project مشروع الجينوم البشري: برنامج أبحاث لاكتشاف تعاقب القواعد في الـ DNA البشرية وفي النهاية التعرف إلى كل الجينات في الجينوم البشري.

Immune System جهاز المناعة: الجهاز في الجسم الذي يحمي الجسم من الالتهاب نتيجة البكتيريا والجراثيم الأخرى. إنه يتألف من مجموعة خلايا بما في ذلك الكريات اللمفاوية والخلايا البلعمية الكبيرة.

Inheritance وراثة: انتقال الخصائص الخاضعة للجينات من الأهل إلى الأولاد.

Junk حثالة الـ DNA: أقسام طويلة متكررة من الـ DNA موجودة بين الجينات وضمنها، لا تكشف عن أي دور.

Locus موضع: موقع في تطابق كروموزومات الأم والأب توجد فيه أليلات الجينة نفسها.

maternal أمومي: يصف شيئاً مرتبطاً أو آتياً من الأم.

meiosis انتصاف: نوع انقسام الخلايا الذي يولد خلايا جنسية – مثل المني والبويضات – التي تحتوي على مجموعة واحدة من الكروموزومات.

melanin قتامين الميلانين: صبغ بني يعطي البشرة لونها. وكلما كان القتامين موجوداً، كان اللون أكثر دكنة.

micrograph صورة مجهرية: صورة ملتقطة بواسطة المجهر.

microscope مجهر: آلة مستخدمة لتكبير الأشياء الصغيرة جداً.

mitochondria متقدرات: بنيات صغيرة جداً في الخلايا تطلق الطاقة لنشاطات الخلية. إنها تحتوي أيضاً على نوعها الخاص من الـ DNA، المعروف بـ mtDNA.

mitosis انقسام فتيلي: نوع انقسام الخلايا المسؤول عن النمو والترميم الذي ينتج خليتين وليدتين متطابقتين وراثياً مع الخلية الأم.

molecule جزيئة: وحدة كيميائية، مثل الـ DNA، مؤلفة من ذرتين أو أكثر.

mutation تحول: تغيّر في تعاقب قاعدة الـ DNA، نتيجة خطأ في النسخ أو عامل آخر. قد ينتقل التحول إلى الذرية.

natural selection انتقاء طبيعي: العملية التي تفضل الكائنات الأفضل تكيفاً مع محيطها، وبالتالي الأكثر ميلاً للصمود والتوالد ونقل جيناتها المفضلة.

nature طبيعة: في علم الوراثة، تأثير الجينات في مزايا الكائن الحي. وغالباً ما تتم مقارنة الطبيعة في هذا السياق مع التنشئة.

neuron خلية عصبية: الوحدة الأساسية للجهاز العصبي بما في ذلك الدماغ.

nucleotide نكليوتيد: أحد الكتل المنشئة لـ DNA، مؤلفة من الفوسفات والديوكسيريبوز وقاعدة – A أو C أو G أو T

nucleus نواة: مركز التحكم في الخلية المحتوي على الكروموزومات.

nurture تنشئة: تأثير البيئة – حيث يعيش الشخص أو الشيء – في خصائص الكائن. وغالباً ما تتم مقارنتها مع الطبيعة.

offspring ذرية: ولد الأهل

organism كائن: شيء حيّ، مثل الحيوان (بما في ذلك البشر) أو النبات.

Ovaries مبيضان: الأعضاء التناسلية عند الإناث التي تنتج البيوض.

Paternel أبوي: يصف شيئاً مرتبطاً أو آتياً من الأب.

physiotherapy علاج فيزيائي: استعمال التمارين والتدليك لمعالجة أمراض وإصابات مختلفة.

PKU: اضطراب موروث يتراكم فيه حمض فينيلالانين الأميني في الدم.

placenta مشيمة: العضو الموجود في الرحم خلال الحمل والذي يتلقى من خلاله الجنين النامي الغذاء والأكسيجين.

pollination تلقيح: في النباتات، نقل غبار الطلع، المحتوي على الخلية الجنسية الذكر، إلى القسم الأنثى في النبتة، للسماح بحدوث التخصيب.

Pore مسام: فتحة في الغشاء الموجود حوال النواة.

protein بروتين: واحدة من مجموعة من المواد الكيميائية التي تنشئ الخلايا وتشغلها. والبروتينات مصنوعة من أحماض أمينية تستعمل التعليمات المرمزة في الجينات.

radiation أشعة: أشعة صادرة من مواد مشعة يمكن أن تسبب تحولاً في الجينات.

recessive متنحي: يصف أليلة، أو جينة، لا تولد عادة ميزة في الكائن الحيّ لأنها محجوبة بأليلة مهيمنة. والأليلة المتنحية تنتج خاصية فقط إذا كانت الأليلة المهيمنة غير موجودة.

replication نسخ: إنتاج نسخة مطابقة عن الذات، كما في جزيئة DNA تنسخ نفسها لإنتاج نسختين متطابقتين.

reproductive system جهاز التناسل: جهاز الجسم، الذكر أو الأنثى، الذي يؤدي دوراً في إنتاج الأولاد. يتألف جهاز الجسم من عدة أعضاء تعمل معاً لإنجاز مهمة معينة.

ribosome ريبوزوم: بنية داخل الخلية تنتج فيها البروتينات.

RNA (حمض ريبي نووي): مادة كيميائية شبيهة بالـ DNA، وإنما أصغر منها، فيها خيط واحد بدل الاثنين، تؤدي دوراً أساسياً في تركيب البروتين.

sex cells خلايا جنسية: خلايا مثل المني والبويضات تشترك في التوالد الجنسي.

species نوع: مجموعة من الكائنات الحية المتشابهة، مثل البشر، تستطيع التوالد مع بعضها وإنتاج ذرية.

stem cells خلايا جذعية: خلايا تستطيع التحول إلى كل، أو معظم، أنواع الخلايا في الجسم.

supercoil لفافة فائقة: لفافة ضمن لفافة. يتألف كل كروموزوم من جزيئة DNA طويلة ملتفة بكثافة ضمن لفافة فائقة.

testes خصيتان: الأعضاء التناسلية عند الذكور التي تنتج المني.

tissue نسيج: مجموعة من أنواع الخلايا نفسها، أو المتشابهة، مثل خلايا العضلات، تتعاون لإنجاز وظيفة معينة.

transcription نسخ طبق الأصل: نسخ قسم من الـ DNA (جينة) في باعث RNA. إنها المرحلة الأولى من تركيب البروتين.

translation ترجمة: تحويل الرسالة المنقولة بواسطة باعث RNA باستعمال الرمز الوراثي إلى تعاقب من الأحماض الأمينية. الترجمة هي المرحلة الثانية من تركيب البروتين.

transplant زرع: استبدال نسيج أو عضو مريض بآخر سليم مأخوذ من شخص آخر.

twin توأم: واحد من ولدين تكوّنا في الحمل نفسه.

Uterus رحم: الجزء في الجهاز التناسلي عند الأنثى ينمو فيه الطفل وينشأ خلال الحمل.

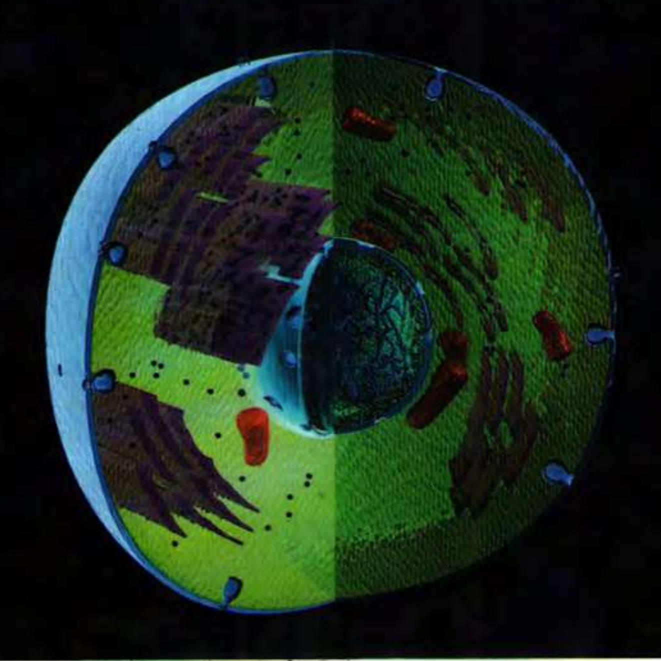
vitamin فيتامين: واحدة من مجموعة مواد كيميائية يحتاج إليها الجسم بكميات صغيرة في الطعام للبقاء بصحة جيدة.

X-Ray أشعة سينية: شكل الأشعة المستخدمة للكشف عن العظام والأعضاء الأخرى في الجسم. كما تم استعمالها للمساعدة في اكتشاف تركيبة جزيئة الـ DNA.

الجينات والـ DNA

تأخذ موسوعة كينغفيشر للمعارف القرّاء إلى قلب الموضوع. فالصور الفوتوغرافية المذهلة والعمل الفني الرقمي الرائع يبرزان جوهر كل موضوع. فيما النص القوي يقود القارئ إلى ثروة من المعلومات. ويشجع كل فصل القارئ على اكتشاف المزيد عبر الوصلات بمواقع الويب، والكتب، والأماكن الممكن زيارتها. ويقترح أيضاً فرصا مهنية ممكنة.

إن كتاب الجينات والـ DNA من كينغفيشر يستكشف أسرار هذا العلم المثير. فمن أسس الجينات ووظيفتها كرمز للحياة، مرورا بالاختلاف في العائلات والوراثة، إلى التطبيقات الواسعة المدى لتكنولوجيا الـ DNA، يمكنك معرفة كيفية عمل الجينات والـ DNA. إستكشف الطب الشرعي، والعلاج الجيني، والاستنساخ والهندسة الوراثية، واستمتع بلمحة رائعة عن علم الأحياء في العالم المحيط بنا.



ISBN 9953-29-410-0

9 799953 294109

جميع كتبنـا متوفـرة على شبكة الإنترنت



الدار العربية للعلوم
Arab Scientific Publishers
www.asp.com.lb
ص. ب. 5574-13 شوران 2050-1102 بيروت – لبنان
هاتف: 785107/8 (1-961+) فاكس: 786230 (1-961+)
البريد الإلكتروني: asp@asp.com.lb